



**Maria João Vidal e Sá Avaliação de um edifício escolar segundo o sistema
LiderA**



**Maria João Vidal e Sá Avaliação de um edifício escolar segundo o sistema
LiderA**

Tese apresentada à Universidade de Aveiro para cumprimento dos requisitos necessários à obtenção do grau de mestre em Engenharia Civil, realizada sob a orientação científica da Professora Doutora Maria Fernanda da Silva Rodrigues, Professora Auxiliar do Departamento de Engenharia Civil da Universidade de Aveiro, e co-orientação do Professor Doutor Romeu da Silva Vicente, Professor Auxiliar do Departamento de Engenharia Civil da Universidade de Aveiro.

O júri

Presidente

Prof. Doutor Aníbal Guimarães da Costa
professor catedrático da Universidade de Aveiro

Prof. Doutor António José Barbosa Samagaio
professor associado da Universidade de Aveiro

Prof. Doutora Maria Fernanda da Silva Rodrigues
professora auxiliar da Universidade de Aveiro

Prof. Doutor Romeu da Silva Vicente
professor auxiliar da Universidade de Aveiro

Agradecimentos

À Professora Doutora Maria Fernanda da Silva Rodrigues, do Departamento de Engenharia Civil da Universidade de Aveiro, orientadora desta dissertação, pelo apoio na elaboração deste documento, na cedência de toda a informação para a elaboração da presente dissertação e pelo permanente incentivo;

Ao Professor Doutor Romeu da Silva Vicente, do Departamento de Engenharia Civil da Universidade de Aveiro, orientador desta dissertação;

Ao colega Pedro Rodrigues, pela constante disponibilidade e apoio na execução e análise dos dados referentes à simulação térmica com o software DesignBuilder/EnergyPlus;

Aos meus pais, irmãs e amigos pelo importante e constante apoio, tornando possível a realização deste trabalho.

Resumo

Tendo em consideração a importância atribuída, actualmente, à sustentabilidade na construção, é relevante a realização da avaliação da sustentabilidade de edifícios, que no presente estudo foi realizada segundo os requisitos do sistema LiderA, um método de certificação ambiental desenvolvido em Portugal, tendo sido identificadas áreas com possíveis medidas de melhoria segundo os critérios de avaliação do referido sistema.

No decorrer do desenvolvimento da avaliação segundo o LiderA verificou-se que as áreas em que o edifício estudado necessita de uma maior atenção, são os relativos às áreas da energia, resíduos, qualidade do ar, conforto térmico, iluminação e acústica, água e gestão ambiental. Uma vez conhecidas estas áreas, propõem-se várias soluções tendo em vista a melhoria do desempenho ambiental do edifício, segundo medidas apontadas pelo sistema LiderA e segundo tecnologias mais eficientes que o sector da construção dispõe actualmente.

Efectuaram-se estudos relativamente ao comportamento térmico do edifício com o software EnergyPlus/ DesignBuilder, para dois cenários a estudar; com a aplicação de estores exteriores nas divisões com envidraçados com orientação a nor-nordeste (NNE) e su-sudoeste (SSO) e a situação actual do edifício.

Definidos os consumos e a desagregação de consumos do edifício, efectuou-se uma análise financeira relativa à aplicação de soluções que visam a redução do consumo de energia e de água e aumentam o conforto térmico. A forma de avaliar os custos inerentes às melhorias, efectuou-se através do método do Valor Actualizado Líquido (VAL).

Por último, efectuou-se a avaliação da sustentabilidade segundo o sistema LiderA para o edifício em estudo incluindo as medidas propostas no capítulo quatro.

Abstract

Nowadays the relevance given to the sustainability in construction lead to the assessment of sustainability of buildings, which in the present study was performed according to the requirements of the LiderA system. LiderA is an assessment system of the constructed environment sustainability developed in Portugal. This method identifies areas where it is possible to implement improvement measures according to the LiderA evaluation criteria.

During the development of evaluation according to LiderA it was found that the areas, in which the studied building requires greater attention, are related to energy, waste, air quality, thermal comfort, lighting and acoustics, water and environmental management. According to these results it was proposed several solutions with the objective to improve the environmental performance of the building, according to measures identified by the LiderA and by efficient technologies that can be implemented in the construction.

During the studied it was also carried out studies concerning the thermal behavior of the building with the software EnergyPlus / DesignBuilder for two scenarios to considered: the actual situation and with the application of exterior shutters in divisions with glazing oriented north-northeast (NNE) and south-southwest (SSO).

The studied building was assessed according the LiderA considering the sustainable improvement measures proposed.

To develop the financial analysis of the sustainable improvement measures it was defined the energy and water consumption of the building. The methodology used to assess the cost of the improvement measures was the Net Present Value (VAL).

Índice

1.	Introdução	3
1.1.	Enquadramento	3
1.2.	Justificação	4
1.3.	Objecto de estudo	4
1.4.	Objectivos	4
1.5.	Metodologia	4
1.6.	Estrutura	5
2.	Estado de Arte	9
2.1.	A sustentabilidade	9
2.1.1.	A sustentabilidade na construção	9
2.1.2.	Avaliação da sustentabilidade na construção	13
2.1.3.	Cronologia da construção sustentável	15
2.2.	Sistema LiderA	17
2.2.1.	Metodologia	18
2.2.2.	Vertentes, áreas e critérios	19
2.2.3.	Algumas aplicações	22
2.3.	Legislação e normas a aplicar	27
2.3.1.	Legislação sobre energia	29
2.3.2.	Normas ISO	34
3.	Energia fotovoltaica e aproveitamento de águas	39
3.1.	Energia Fotovoltaica	39
3.2.	Aproveitamento de águas	41
3.2.1.	Recolha de águas pluviais	41
3.2.2.	Reutilização de águas cinzentas	47
4.	Caso de estudo. Avaliação segundo o LiderA	53
4.1.	Avaliação do DeCivil segundo o LiderA	53
4.2.	Soluções propostas	61
4.2.1.	Água	61
4.2.2.	Energia	63
4.2.3.	Resíduos	65
4.2.4.	Qualidade do ar	66
4.2.5.	Conforto térmico	67
4.2.6.	Iluminação	68
4.2.7.	Gestão ambiental	68
4.3.	Concepção do sistema de recolha de águas pluviais e residuais	70
5.	Simulação térmica do edifício com o software EnergyPlus/DesignBuilder	77
5.1.	Criação do modelo	77
5.2.	Execução da simulação	78
5.3.	Análise de resultados	79

6.	Avaliação do DeCivil segundo LiderA após aplicação das soluções.....	87
6.1.	Classificação do DeCivil segundo LiderA após aplicação das soluções.....	87
7.	Avaliação Financeira das soluções propostas.....	93
7.1.	Introdução.....	93
7.2.	Análise financeira das soluções energéticas.....	94
7.2.1.	Consumos de electricidade.....	94
7.2.2.	Lâmpadas LEDs.....	95
7.2.3.	Estores exteriores.....	95
7.2.4.	Equipamentos de baixo consumo.....	96
7.2.5.	Módulos fotovoltaicos.....	97
7.3.	Análise financeira das soluções hídricas.....	98
7.3.1.	Consumos de água.....	98
7.3.2.	Redutores de caudal.....	99
7.3.3.	Autoclismos de dupla descarga.....	99
7.3.4.	Sistema de aproveitamento de águas.....	100
8.	Conclusões.....	103
	Referências bibliográficas.....	109
	Anexo A.1. Alçado NNO.....	115
	Anexo A.2. Alçado SNE.....	116
	Anexo A.3. Alçado OSE e NNE.....	117
	Anexo A.4. Planta Rés do chão.....	118
	Anexo A.5. Planta 1º andar.....	119
	Anexo a.6. Planta 2º andar.....	120
	Anexo B.1. Zonas geradas pelo software EnergyPlus/DesignBuilder para o piso 2.....	123
	Anexo C.1. Avaliação Financeira.....	127

Índice de tabelas

Tabela 1 - Avaliação da vertente integração local e paisagística	53
Tabela 2 - Avaliação da vertente recursos	55
Tabela 3- Avaliação da vertente cargas ambientais.....	56
Tabela 4 - Avaliação da vertente conforto ambiental relativamente ao rés-do-chão	57
Tabela 5 - Avaliação da vertente conforto ambiental relativamente ao 1º andar	57
Tabela 6 - Avaliação da vertente conforto ambiental relativamente ao 2º andar	58
Tabela 7 - Avaliação da vertente socio-económica	59
Tabela 8 - Avaliação da vertente gestão ambiental e inovação	60
Tabela 9 – Cálculo da ocupação média do edifício por divisões.....	72
Tabela 10 - Avaliação da vertente integração local e paisagística após aplicação de soluções.....	87
Tabela 11 - Avaliação da vertente recursos após aplicação de soluções.....	88
Tabela 12- Avaliação da vertente cargas ambientais após aplicação de soluções.....	88
Tabela 13 - Avaliação da vertente conforto ambiental relativamente ao rés-do-chão e 1º andar após aplicação de soluções	89
Tabela 14 - Avaliação da vertente conforto ambiental relativamente ao 2º andar após aplicação de soluções.....	89
Tabela 15 - Avaliação da vertente gestão ambiental e inovação	90
Tabela 16 – Desagregação dos consumos de energia eléctrica	94
Tabela 17 – Custo de investimento de lâmpadas LEDs	95
Tabela 18 – Custo de investimento de estores exteriores.....	96
Tabela 19 – Custo de investimento de equipamentos de baixo consumo	96
Tabela 20 – Custo de investimento dos módulos fotovoltaicos	98
Tabela 21 – Desagregação dos consumos de água.....	99
Tabela 22 – Custo de investimento dos redutores de caudal.....	99
Tabela 23 – Custo de investimento dos autoclismos de dupla descarga	100
Tabela 24 – Custo de investimento do sistema de aproveitamento de águas	100

Índice de figuras

Figura 1 - Ponderação das vertentes, LiderA 2.0, (Pinheiro, 2009)	20
Figura 2 – Edifício de estudo, Departamento de Engenharia civil; Universidade de Aveiro (DesignBuilder)	77
Figura 3 – Gráfico de consumos de energia, ganhos de calor e temperaturas para o edifício em estudo (DesignBuilder).....	80
Figura 4 – Gráficos de ganhos internos da divisão com superfície envidraçada orientada a nor-nordeste (NNE) relativos às situações 1 e 2 (DesginBuilder)	82
Figura 5 – Gráficos relativos ao nível de conforto da divisão com superfície envidraçada orientada a nor-nordeste (NNE) relativos às situações 1 e 2 (DesginBuilder).....	82
Figura 6 – Gráficos de ganhos internos da divisão com superfície envidraçada orientada a nor-su-sudoeste (SSO) relativos às situações 1 e 2 (DesginBuilder).....	83
Figura 7 – Gráficos relativos ao nível de conforto da divisão com superfície envidraçada orientada a su-sudoeste (SSO) relativos às situações 1 e 2 (DesginBuilder)	83

Capítulo 1 – Introdução

1. INTRODUÇÃO

1.1. Enquadramento

A tomada de consciência relativamente às alterações climáticas, à destruição da camada de ozono e à escassez de recursos naturais, originou uma crescente preocupação com as consequências das actividades humanas no meio ambiente. A indústria da construção é responsável por uma grande parte da produção de resíduos e seu depósito em aterro, como consequência das suas actividades, manutenção e utilização dos edifícios (Lucas, 2008).

A indústria da construção, nomeadamente o sector dos edifícios, é um dos sectores económicos de maior importância na Europa. No entanto, este sector continua a utilizar maioritariamente métodos de construção tradicionais e mão-de-obra não qualificada, sendo caracterizada por um consumo excessivo de matérias-primas, de recursos energéticos não renováveis e pela excessiva produção de resíduos.

Globalmente, a construção de edifícios é responsável pelo consumo de 40% dos recursos minerais (pedra, brita, areia, etc.), 25% da madeira, 40% da energia e 16% da água consumidos anualmente. Em Portugal, apesar de existirem erros amostrais significativos entre os dados estatísticos e a realidade, estima-se que os edifícios (habitação e serviços), em fase de utilização, são responsáveis pelo consumo de cerca de 20% dos recursos energéticos nacionais, 6,7% do consumo de água e pela produção anual de 420 milhões de metros cúbicos de águas residuais, segundo resultados de estudos da Direcção Geral de energia (DGE) em 2000. De acordo com o Instituto Nacional de Estatística (INE), a indústria da construção é responsável pela produção anual de cerca de 7,5 milhões de toneladas de resíduos sólidos. Estes valores traduzem-se em significativos impactes ambientais, sociais e económicos, tendo no entanto potencialidades para serem diminuídos.

A indústria da construção tem como objectivo a realização de um produto/edificação com características que satisfaçam as funcionalidades requeridas pelo dono de obra, as devidas condições de segurança, sob o efeito das acções naturais e humanas, e as características de durabilidade que permitam a redução da deterioração ao longo do seu ciclo de vida. O produto/edificação deve ainda satisfazer os interesses económicos do dono de obra, ser esteticamente agradável, adequado à sua envolvente e traduzir o menor impacte ambiental possível. Só com o equilíbrio entre estes aspectos, que deverá ser obtido utilizando o bom

senso e os conhecimentos tecnológicos dos diversos intervenientes da construção, se conseguirão realizar construções que sejam efectivamente compatíveis com as necessidades humanas do presente e do futuro (Bragança e Mateus, 2006).

1.2.Justificação

O desenvolvimento sustentável é actualmente de extrema importância para a Humanidade, pois leva à protecção do meio ambiente, através, nomeadamente, da economia e preservação de recursos naturais, da redução de emissões nocivas, da melhoria da qualidade de vida para os residentes ou utilizadores dos edifícios, entre outros, facilitando, por sua vez, a adopção de um estilo de vida ecológico.

Tendo em consideração a importância atribuída, actualmente, à sustentabilidade na construção, é relevante a realização da avaliação da sustentabilidade de edifícios, que no presente estudo foi realizada segundo os requisitos do sistema LiderA, um método de certificação ambiental desenvolvido em Portugal.

1.3.Objecto de estudo

O objecto do estudo é o edifício do Departamento de Engenharia Civil da Universidade de Aveiro, inserido no Campus Universitário de Santiago em Aveiro. O edifício é constituído por três pisos (rés-do-chão, 1º e 2º andar e cave). Este edifício foi construído entre os anos de 2004 e 2006.

1.4.Objectivos

O objectivo deste trabalho consiste em avaliar um edifício escolar relativamente á sua sustentabilidade segundo o sistema LiderA, sistema de avaliação e reconhecimento voluntário da construção sustentável e do ambiente construído, antes e após a aplicação de soluções propostas, tendo em vista a melhoria da sustentabilidade do edifício em estudo e avaliar a viabilidade das soluções propostas.

1.5.Metodologia

Inicialmente efectuou-se a avaliação da sustentabilidade segundo o sistema LiderA para o edifício em estudo, tendo sido identificadas áreas com possíveis medidas de melhoria,

segundo os critérios de avaliação do referido sistema. Uma vez conhecidas as áreas, propôs-se várias soluções tendo em vista a melhoria do desempenho ambiental do edifício, segundo medidas apontadas pelo sistema LiderA e tecnologias mais eficientes que o sector da construção dispõe actualmente.

Uma vez definido o conjunto de soluções propostas para o caso de estudo, efectuou-se estudos relativamente ao comportamento térmico do edifício com o software EnergyPlus/DesignBuilder, para dois cenários a estudar; com a aplicação de estores exteriores nas divisões com envidraçados com orientação a nor-nordeste (NNE) e su-sudoeste (SSO) e sem aplicação de estores nas referidas divisões.

Definidos os consumos e a desagregação de consumos do edifício, efectuou-se uma análise financeira relativa à aplicação de soluções que visam a redução do consumo de energia e de água e aumentam o conforto térmico. A forma de avaliar os custos inerentes às melhorias, efectuou-se através do método do Valor Actualizado Líquido (VAL).

Por último, efectuou-se a avaliação da sustentabilidade segundo o sistema LiderA para o edifício em estudo incluindo as medidas propostas no capítulo quatro.

1.6.Estrutura

A presente tese é constituída por sete capítulos. O primeiro capítulo constitui uma introdução ao tema e trabalhos desenvolvidos ao longo do estudo.

No segundo capítulo, intitulado o Estado de Arte, são abordados os conceitos e cronologia da sustentabilidade e sustentabilidade da construção, identificam-se os métodos existentes para a avaliação da sustentabilidade da construção e a sua importância. Apresenta-se a metodologia do sistema de avaliação LiderA, os seus critérios, vertentes e áreas e alguns casos de aplicação já efectuados. São também enumeradas as normas com importância para o desenvolvimento do estudo, ao nível da legislação ambiental, energética e normas ISO aplicáveis.

O terceiro capítulo explica os conceitos e algumas especificações relativas aos sistemas de energia fotovoltaica e aproveitamento de águas, uma vez que estes são soluções de melhoria da sustentabilidade do edifício a ser estudado nos capítulos seguintes.

No capítulo quatro, apresenta-se o caso de estudo, descreve-se a avaliação do edifício segundo o sistema LiderA para os diferentes critérios do sistema e a avaliação global do edifício

existente. Uma vez avaliado o edifício, são apresentadas as soluções propostas para melhoria da sustentabilidade deste, sendo por último apresentada a concepção do sistema de aproveitamento de águas.

O capítulo cinco apresenta a simulação térmica do edifício com o software EnergyPlus/DesignBuilder, sendo apresentado dois cenários a estudar: com a aplicação de estores exteriores nas divisões com envidraçados com orientação a nor-nordeste (NNE) e sudoeste (SSO) e sem aplicação de estores nas referidas divisões.

No capítulo seis é efectuado a avaliação financeira das soluções propostas relativas às soluções de eficiência energética e hídrica.

A avaliação da sustentabilidade do edifício segundo o sistema LiderA após as aplicações das soluções propostas no capítulo quatro é por fim apresentada no capítulo sete.

Capítulo 2 – Estado de Arte

2. ESTADO DE ARTE

2.1.A sustentabilidade

Segundo Brundtland (1987), o desenvolvimento sustentável consiste na “ *capacidade da Humanidade garantir que responde às necessidades do presente sem comprometer a capacidade das gerações futuras de assegurarem as suas próprias necessidades. O desenvolvimento sustentável não é um estado fixo de harmonia, mas antes um processo de mudança no qual a exploração de recursos, a direcção de investimentos, a orientação do desenvolvimento tecnológico e as mudanças institucionais são compatibilizadas com as necessidades futuras assim como com as presentes.*”

2.1.1. A sustentabilidade na construção

Segundo Brundtland (1987), a Humanidade pode permanecer indefinidamente no planeta se conseguir garantir três aspectos fundamentais: o progresso da Humanidade (dimensão económica), o desenvolvimento cultural (dimensão social), e que os efeitos destas actividades tomem em conta os limites que visam evitar a destruição da vida e preservar a diversidade dos ecossistemas (dimensão ecológica).

Da mesma forma que a sustentabilidade, a construção sustentável assenta nas mesmas três dimensões: a dimensão ecológica, a dimensão económica e a dimensão social.

Dimensão económica:

- utilização dos recursos a longo prazo,
- utilização a baixo custo.

Dimensão social:

- protecção da saúde e conforto,
- protecção dos valores sociais e culturais.

Dimensão ecológica:

- protecção dos recursos energéticos e materiais,
- protecção do ecossistema.

Os princípios de desenvolvimento sustentável aplicam-se ao ciclo global da construção, desde a extracção e beneficiação das matérias-primas, passando pela gestão de projectos e construção de edifícios e infra-estruturas até à sua deconstrução final e gestão de resíduos dela resultante. É um processo holístico que visa restaurar e manter a harmonia entre o ambiente construído, criando ao mesmo tempo, aglomerados humanos que reforçam a dignidade humana e encorajam a equidade económica.

A construção sustentável segue as mesmas etapas que a construção tradicional. A grande diferença é que a primeira procura integrar os princípios da sustentabilidade em todas as fases do projecto de uma obra. Nenhuma etapa é considerada estanque ou independente das restantes, mas as opções tomadas em cada uma delas têm impacto no objectivo final de construir um edifício sustentável. Os edifícios denominados sustentáveis têm em consideração a interligação que existe entre a escolha do local, os elementos de desenho, as condicionantes do ponto de vista dos recursos energéticos, a funcionalidade do edifício e as condicionantes económicas (Lucas, 2008).

O termo “construção sustentável” foi proposto pela primeira vez pelo professor Kibbert (1994), para descrever as responsabilidades da indústria da construção no que respeita ao conceito e aos objectivos da sustentabilidade. De acordo com Kibbert (1994), o conhecimento existente e o diagnóstico à indústria da construção, em termos de impactes ambientais, revelam que existe a necessidade duma mudança para se atingirem os objectivos de sustentabilidade (R. Mateus, 2006).

De acordo com o estabelecido por Kibert, existem vários princípios de construção sustentável (Kibert, 1994 cit. por Soares, 2005):

1. **princípio da conservação**, que visa a minimização do consumo de recursos;
2. **princípio da reutilização**, que visa maximizar a reutilização de recursos;
3. **princípio da reciclagem**, que visa a utilização de recursos renováveis e recicláveis;
4. **princípio da protecção da natureza**, que visa a protecção do ambiente natural;
5. **princípio da não toxicidade**, que visa a criação de um ambiente saudável e não tóxico;
6. **princípio da economia**, que visa a aplicação da análise de custos no ciclo de vida e dos custos reais;
7. **princípio da qualidade**, que visa a procura da qualidade na criação de um ambiente construído.

De acordo com o *United States Green Building Council*, um empreendimento com um bom desempenho ambiental é caracterizado por ter reduzido, ou até mesmo excluído, os impactos ambientais negativos para o meio ambiente e para os seus utilizadores, considerando que a avaliação da sustentabilidade de um edifício poderá ser efectuada em função da gestão sustentável da área construída, da economia de água e da eficiência da sua utilização, da eficiência energética e do emprego de energia renovável, da conservação de materiais e fontes de recursos e da qualidade do ambiente interior (Degani e Cardoso, 2002). No entanto, segundo a empresa de arquitectura *Doerr Architecture*, cit. por Degani e Cardoso (2002), todo o projecto de um empreendimento requer mudanças nos sistemas naturais preexistentes e no consumo de energia e materiais, para se conseguir um projecto “verde”. No entanto, todo o projecto se apresenta como uma oportunidade, e até mesmo responsabilidade, para o aperfeiçoamento do desempenho ambiental dos empreendimentos. O desafio da sustentabilidade é complexo e inclui a forma como são obtidos os recursos utilizados, como é atingido o seu aproveitamento máximo e considerada a eliminação da ideia de desperdício.

Já pelo programa *Brown is green* da *Brown University*, um empreendimento ambientalmente responsável tem impactos reduzidos, quer dos processos construtivos, quer dos ocorridos durante a sua vida útil. Os seus indicadores de bom desempenho ambiental incluem a redução da carga energética empregada nos sistemas de aquecimento, refrigeração e iluminação e também, a selecção de materiais não tóxicos, renováveis ou que contenham componentes reciclados (Degani e Cardoso, 2002).

Em Portugal, ainda se estão a dar os primeiros passos no sentido da implementação dos princípios da sustentabilidade no sector da construção. Há uma sensibilização crescente dos intervenientes envolvidos neste sector para as consequências que as suas actividades e decisões têm sobre o ambiente. No entanto, e tendo em linha de conta a evolução do sector da construção nos últimos anos, o seu rápido crescimento demonstra que é urgente começar a construir de forma sustentável (Lucas, 2008).

Quanto às perspectivas de efectiva implantação dos princípios da sustentabilidade na construção, embora sejam tidas em conta diferentes abordagens, de acordo com o contexto de cada país, os obstáculos encontrados são maioritariamente comuns:

- a) o sector é muito vasto, envolvendo um número significativo de intervenientes constituintes de uma organização fragmentada, o que dificulta os esforços para a introdução de conceitos e para a difusão de práticas sustentáveis;

- b) a dificuldade de consciencialização de profissionais e clientes;
- c) a morosidade das escolas de arquitectura e engenharia em realizar mudanças e actualizações dos respectivos currículos, o que torna mais morosa a produção de profissionais habilitados;
- d) os sistemas de financiamentos preocupados em retornos a curto prazo;
- e) as insuficiências quantitativas e qualitativas dos recursos humanos (o sector é constituído basicamente por pequenas empresas, as quais frequentemente não têm recursos para investir em qualificação do corpo técnico);
- f) a instabilidade política e económica, que prevalece em vários países, desencoraja estratégias e administrações a longo prazo;
- g) a baixa taxa de investimentos em urbanização contra um alto movimento demográfico em direcção aos centros urbanos, o que tem desenvolvido uma acelerada degradação da qualidade de vida das cidades como um todo;
- h) a falta de dados e de informações precisas, por exemplo, quanto aos impactos e desempenho dos materiais ao longo do seu ciclo de vida;
- i) a falta de interesse por parte dos agentes, em questões de sustentabilidade. Esta característica está ligada ao facto da indústria da construção ser tradicionalmente conservadora. Além disso, as empresas seguem os padrões de consumo dos clientes, que geralmente seguem a modernidade e os modelos de desenvolvimento dos países desenvolvidos;
- j) a ausência de confiança em soluções tradicionais locais, que gera dependência tecnológica de países desenvolvidos e impede a criação e melhoria das suas próprias tecnologias;
- k) a falta de pesquisa e gestão integrada em diferentes instituições, bem como carência de divulgação e troca de informações entre o conhecimento teórico e prático do sector (Sedrez, 2004).

Em Portugal, apesar de ter havido uma consciencialização tardia, mudanças expressivas ocorrem já actualmente. Estas acções embora tímidas, têm assumido posturas cada vez mais pró-activas, para tornar a indústria da construção menos agressiva para o meio ambiente.

2.1.2. Avaliação da sustentabilidade na construção

A capacidade de identificar os aspectos essenciais da sustentabilidade constitui um factor chave no apoio e avaliação da construção sustentável, o qual acaba por se traduzir na capacidade de desenvolver e assegurar esses aspectos nos empreendimentos, assim como em avaliar, reconhecer e certificar as práticas de construção sustentável (Limão, 2007).

O objectivo da avaliação da sustentabilidade é reunir dados e reportar informações que servirão de base aos processos de decisão que decorrem durante as diversas fases do ciclo de vida de um edifício. Actualmente, existe uma variedade de ferramentas no mercado da construção que têm sido utilizadas na avaliação da construção sustentável e/ou no apoio à concepção sustentável (Martins e Branco, 2008).

Os tipos de metodologias para avaliação da sustentabilidade consistem na utilização de:

- ferramentas de simulação do consumo energético dos edifícios (p.ex.: RCCTE, *VisualDOE*, *Design Builder (EnergyPlus)*);
- métodos de Análise de Ciclo de Vida (LCA) dos produtos e materiais de construção (p.ex.: SimaPro, BEES, ATHENA, LISA);
- ferramentas de suporte à concepção de edifícios sustentáveis (*Performance Based Buildings*);
- sistemas de apoio e/ou reconhecimento do desempenho ambiental e funcional de edifícios e de empreendimentos de construção (p.ex.: NABERS, LEED, BREEAM, CEEQUAL, LiderA);
- sistemas de apoio e reconhecimento da construção sustentável (p.ex.: SBTool) (Bragança e Mateus, 2006).

A aplicação da metodologia da avaliação de ciclo de vida (LCA) na definição de critérios de sustentabilidade na construção, permite uma abordagem científica mensurável, que deverá ser utilizada, quer para a selecção de materiais e produtos de construção, quer para a avaliação ambiental e de sustentabilidade (Oliveira et al., 2008).

O *DesignBuilder* é o primeiro interface gráfico de tratamento exaustivo para o programa de simulação térmica dinâmica, *EnergyPlus*. O programa *DesignBuilder* oferece uma plataforma de modelação de edifícios em 3D de fácil e rápida manipulação sem limitações de geometrias tridimensionais e com elementos realísticos que fornecem, de forma visual e imediata, detalhes, como por exemplo espessuras de paredes, janelas, lajes, implementação de caixilhos

e molduras de janelas, permitindo também uma excelente visualização de áreas e volumes. Inclui ferramentas que permitem que os edifícios de formas complexas sejam desenhados e modelados por utilizadores menos experientes. Para além das funcionalidades de rápida modelação de edifícios o *DesignBuilder* possibilita a facilidade de uso com a simulação energética dinâmica (*Natural Works*, 2010). O programa já contempla as exigências regulamentares estabelecidas pelo RCCTE¹ e pelo RSECE², dispondo de valores pré definidos, como a localidade (latitude e longitude), arquivos climáticos do *Meteornorm*, (temperaturas, humidades e densidades, direcções do vento, radiação directa, indirecta e difusa), nível de actividade, ocupação, materiais de construção (externa, interna entradas de ar), tipo de janelas (com ou sem persiana), iluminação e sistemas AVAC (Ernesto, 2009). O *DesignBuilder* permite obter:

- energia consumida;
- temperaturas internas;
- dados meteorológicos;
- transmissão de calor através da construção;
- cargas de aquecimento e arrefecimento;
- geração de dióxido de carbono;
- modelar a ventilação natural, com a opção das aberturas das janelas após se atingir uma determinada temperatura;
- modelação dos sistemas de controlo da luz, e calcular as poupanças de energia eléctrica;
- verificação de dados da simulação anualmente, mensalmente, diariamente, por hora ou fracções da hora.

O EnergyPlus foi integrado no ambiente do DesignBuilder de modo a permitir facilmente as simulações energéticas, sendo apenas necessário definir o modelo de construção, inserir os dados pedidos, tratando a ferramenta informática de simulação dos detalhes.

O EnergyPlus destaca-se pelo rigor na modelação da geometria do edifício (incluindo edifícios adjacentes), sistemas de AVAC, e pela integração de modelos que facilitam os estudos de optimização energética (iluminação natural e artificial com *dimmers*, sistemas de ventilação natural e híbrida, superfícies "radiantes", painéis solares, etc.). É um motor de

¹ Regulamento das Características de Comportamento Térmico dos Edifícios (DL 80/2006)

² Regulamento dos Sistemas Energéticos de Climatização em Edifícios (DL 79/2006)

simulação que pode ser utilizado com diferentes interfaces (incluindo o CAD) e ferramentas de análise de resultados (incluindo o Excel).

De modo a solucionar as necessidades cada vez maiores de avaliação e certificação ambiental dos edifícios, vários países estão a desenvolver os seus próprios sistemas de avaliação e reconhecimento de edifícios sustentáveis, sendo baseados em legislação e regulamentos locais e desenvolvidos especificamente para certas regiões e realidades sócio-culturais, ambientais e económicas desse local. A aplicabilidade dos sistemas de avaliação nem sempre é possível devido à sua especificidade, sendo, nesses casos, necessário adoptá-los ao local em análise.

Os sistemas mais divulgados para a certificação ambiental dos edifícios são: o BREAM – *Building Research Establishment Environmental Assessment Method*, desenvolvido no Reino Unido; o LEED – *Leadership in Energy and Environmental Design*, desenvolvido nos EUA e o GBTool – *Green Building Chaleng Framework*, desenvolvido por várias equipas pertencentes a mais de 20 países, sendo estas ferramentas a base para outras abordagens internacionais (Soares, 2007).

Em Portugal, o Prof. Manuel Duarte Pinheiro³, desenvolveu o sistema LiderA – Certificação Ambiental de Construção Sustentável, sendo esta ferramenta pioneira no apoio à avaliação da construção sustentável a nível nacional (Vaz Sá et al., 2008).

Durante o último par de décadas, a sociedade tem vindo a desenvolver um melhor entendimento da influência humana sobre o meio ambiente. Cada vez mais empresas têm implementado sistemas de gestão do ciclo de vida dos seus produtos, com um único e sistemático quadro de conceitos, técnicas e procedimentos, com o objectivo de contribuir para a produção de produtos mais sustentáveis (UNEP, 2007).

2.1.3. Cronologia da construção sustentável

Numa primeira abordagem, as preocupações focaram-se na diminuição de recursos, na extinção de espécies e na poluição do ar, da água e do solo, que afectam a saúde humana. Todas as questões relacionadas com o tema do meio ambiente eram apoiadas por uma

³ Engenheiro do Ambiente, docente convidado do Departamento de Engenharia Civil e Arquitectura do Instituto Superior Técnico.

disciplina emergente, a Ecologia. Os princípios dessa disciplina, ligada ao campo da biologia, foram delineados no século XIX pelo biólogo alemão Ernest Haeckel (Sedrez, 2004).

No entanto, foi após os anos 60, do século XX, que estes princípios se desenvolveram segundo conhecimentos mais estruturados, emergindo o conceito de construção sustentável, numa altura em que se começou a ganhar maior consciência relativamente a que o desenvolvimento humano e tecnológico estava a pôr em causa a sobrevivência humana no futuro. Se não se tomarem medidas eficazes, o elevado crescimento da população e o elevadíssimo ritmo de consumo de recursos naturais, irão em poucos anos, levar à extinção desses recursos, colocando deste modo, em risco a vida na Terra. Paralelamente, o ser humano não tem demonstrado o menor respeito pelo ambiente, eliminando de qualquer forma os resíduos das suas actividades (resíduos urbanos, industriais, etc). Neste âmbito, a indústria da construção não se diferencia das restantes indústrias, sendo ela também responsável pelo estado de degradação ambiental do planeta.

Deste modo, o conceito de desenvolvimento sustentável foi ganhando consistência, tendo sido destacado no Relatório de *Brundtland*, desenvolvido pela *World Commission on Environment and Development* e publicado em 1987. Este relatório representa um marco em relação às discussões sobre o conceito de desenvolvimento sustentável, o qual foi crucial para a mudança de paradigma, passando o desenvolvimento sustentável a ser compreendido como o equilíbrio e a convivência harmoniosa entre três dimensões: económica, social e ambiental. Esse documento, também denominado “O Nosso Futuro Comum”, caracterizou o desenvolvimento sustentável como “*aquele que atende as necessidades do presente sem comprometer a habilidade das futuras gerações de atender a suas próprias necessidades*”, que passou a ser um dos mais difundidos conceitos sobre o tema (Silva, 2008).

Em 1992 realizou-se no Rio de Janeiro a conferência das Nações Unidas para o Ambiente e o Desenvolvimento Humano, também conhecida pela Cimeira da Terra, da qual resultou a elaboração de um documento designado por Agenda 21. Esta constitui outro marco relativamente ao desenvolvimento sustentável. A conferência, considerada uma extensão do trabalho desenvolvido para a elaboração do Relatório *Brundtland*, diferenciou-se pela intensiva participação de sectores não governamentais. O documento denominado Agenda 21, discute uma série de questões relacionadas com o desenvolvimento, de entre as quais se destacam:

- a necessidade de cooperação internacional, para a promoção de um tipo de desenvolvimento sustentável;
- o combate à pobreza e a necessidade de redistribuição das riquezas, na busca de um desenvolvimento equacionado;
- a necessidade de mudanças nos padrões de consumo;
- o aumento da população;
- a protecção à saúde humana.

Na Agenda 21, o desenvolvimento sustentável foi discutido como uma meta a ser atingida, necessária para a manutenção das espécies, inclusive a humana, que só poderá ser alcançada com mudanças estratégicas em inúmeros sectores. No sector da produção e construção, foi destacada a necessidade de um aproveitamento mais racional dos recursos, considerando as taxas de renovação dos mesmos, e a preocupação com a geração de poluição e suas consequências nos ecossistemas. Neste sentido, a Agenda 21 revalidou o que vinha sendo discutido anteriormente: a definição de objectivos ambientais que devem ser aplicados em todos os países, em prol da manutenção dos ecossistemas e da saúde humana.

É a partir destes marcos que o conceito de construção sustentável consegue obter importância, sendo este proposto pela primeira vez por Charles Kibbert, em 1994, numa conferência realizada em Tampa, nos EUA, para descrever as responsabilidades da indústria da construção na concretização dos objectivos da sustentabilidade (Silva, 2008).

2.2.Sistema LiderA

O sistema LiderA está a ser desenvolvido por Manuel Duarte Pinheiro, e resulta dos trabalhos de investigação sobre sustentabilidade na construção e ambientes construídos, efectuados desde 2000 e que levaram à publicação em 2005 do protótipo versão 1.01 (V1.01), em 2007 a versão 1.02, estando actualmente disponível a versão 2.00.

Este sistema tem como finalidade avaliar o edificado em Portugal relativamente ao seu desempenho ambiental. Deste modo, representa uma mais-valia para o reconhecimento voluntário da construção sustentável do país, capaz de premiar e distinguir os edifícios de excelência ambiental e com benefícios socioeconómicos em prol da sustentabilidade. (Limão, 2007).

2.2.1. Metodologia

O sistema LiderA divide-se em três níveis: estratégico, de projecto e de gestão do ciclo de vida (operacional), para um acompanhamento integrado nas diferentes fases do empreendimento. Assim, o sistema pode ser aplicado durante as diferentes fases do empreendimento: a ideia, o plano ou projecto, a construção, a operação e a demolição.

Este tipo de sistema incide sobretudo na avaliação ambiental de um edifício, onde o desempenho ambiental é avaliado segundo uma série de critérios, e divide-se em três componentes principais:

1. declaração de um conjunto de critérios de desempenho - a estrutura;
2. atribuição de pontuações possíveis, para cada critério de desempenho, mediante os níveis de desempenho obtidos - a contagem;
3. modo de demonstração do desempenho ambiental final - o resultado.

O sistema LiderA utiliza a definição de critérios de avaliação, segundo os quais o desempenho do edifício é verificado. Esta verificação pode ser efectuada somente num critério ou em multi-critérios. No primeiro caso, as preocupações incidem apenas sobre um critério, o que reduz o esforço de melhoria da sustentabilidade a uma só componente. Numa avaliação efectiva do desempenho sustentável, esta deve abranger vários critérios. Deste modo, a avaliação do desempenho global é realizada segundo diversas vertentes, sendo incorporadas logo de início, medidas práticas que se destinem a melhorar esse mesmo desempenho.

O reconhecimento de um edifício sustentável requer a medição do desempenho de uma série de parâmetros que devem ser analisados e ponderados quanto ao seu impacto no meio ambiente. Para se atingir este objectivo é necessário identificar, no ciclo de vida dos edifícios, quais as áreas onde a sua edificação intervém, ou seja, desde a fase de projecto, construção, operação e demolição. Neste sentido, estabelece-se uma série de critérios (o consumo energético, o consumo de água, os materiais usados, os resíduos produzidos, entre outros), que permitem medir o desempenho ambiental do edifício.

Para o sistema LiderA, tal como noutros sistemas de avaliação, os desempenhos são medidos em relação a uma escala.

Através de uma pontuação pré-definida, consoante o desempenho do edifício alcançado em cada critério, assim é atribuída uma classificação. Esta pontuação varia entre os vários

sistemas, pois reflecte a realidade do país em que foi desenvolvido. Por outro lado, a atribuição dos pontos tem por base um valor de referência (que pode variar com o tempo), a partir do qual o desempenho é avaliado. Na versão 2.0 estão pré-definidos 43 critérios.

O limite superior (que pode ser estimado segundo as melhores tecnologias disponíveis) e a forma como os pontos são distribuídos ao longo da escala (usualmente é utilizada uma distribuição linear), determinam o grau de exigência do desempenho sustentável do edifício (Limão, 2007).

Às classificações nos critérios é atribuído um nível global de desempenho ambiental que se encaixa num dos escalões de avaliação, sendo que as avaliações iguais ou superiores a A são aquelas que mais se evidenciam em termos de desempenho ambiental.

Para o sistema LiderA o grau de sustentabilidade é mensurável e passível de ser certificado em classes de bom desempenho (C, B, A, A+ e A++) que incluem uma melhoria de 25 % (Classe C) face à prática (Classe E), passando por uma melhoria de 50% (Classe A), melhoria de factor 4 (Classe A+) até uma melhoria de factor 10 (Classe A++) (Pinheiro, 2009).

Noutros sistemas de avaliação sustentável, para além da definição dos critérios necessários ao reconhecimento da construção sustentável, é necessário definir os indicadores que acompanham esses critérios. Estes indicam o grau de satisfação ou incumprimento de cada critério para que seja possível fazer a medição do desempenho de um edifício. Os indicadores, que podem ser expressos qualitativa ou quantitativamente, permitem monitorizar as mudanças de um dado parâmetro ao longo do tempo e o seu desenvolvimento em relação ao objectivo proposto. Uma função importante dos indicadores é o seu potencial em mostrar tendências, pelo que devem ser objectivos e o resultado deve ser repetível (Limão, 2007).

2.2.2. Vertentes, áreas e critérios

Como apoio à procura da sustentabilidade, o sistema LiderA propõe um conjunto de critérios em diferentes áreas. Os critérios propostos pressupõem que as exigências legais são cumpridas e são adoptadas como requisitos essenciais mínimos, nas diferentes áreas consideradas, incluindo a regulamentação aplicada ao edificado, sendo a sua melhoria a procura de sustentabilidade (Pinheiro, 2009).

São avaliadas 6 vertentes que englobam áreas específicas de intervenção. De modo a sistematizar os objectivos pretendidos, estas áreas incluem um conjunto de pré-requisitos e 43 critérios, que pretendem apoiar a escolha de medidas, para que os princípios invocados possam ser efectivamente atingidos. Essas vertentes consistem na integração local, no consumo de recursos, na vivência sócio-económica, na gestão ambiental e inovação, cargas ambientais e conforto ambiental, sendo a mais relevante na avaliação, o consumo de recursos, à qual é atribuído um peso de importância relativa de 32 % .

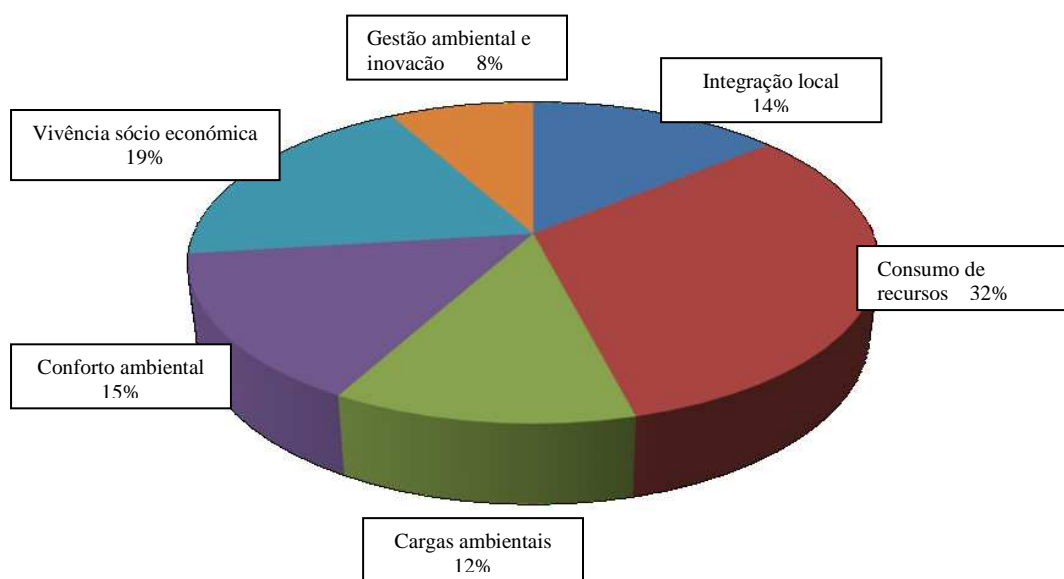


Figura 1 - Ponderação das vertentes, LiderA 2.0, (Pinheiro, 2009)

Estas vertentes foram estabelecidas, tendo em consideração os 6 princípios para a procura da sustentabilidade:

Princípio 1 – Valorizar a dinâmica local e promover uma adequada integração;

Princípio 2 – Fomentar a eficiência no uso dos recursos;

Princípio 3 – Reduzir o impacto das cargas (quer em valor, quer em toxicidade);

Princípio 4 – Assegurar a qualidade do ambiente, focada no conforto ambiental;

Princípio 5 – Fomentar as vivências sócio-económicas sustentáveis;

Princípio 6 – Assegurar a melhor utilização sustentável dos ambientes construídos, através da gestão ambiental e da inovação.

No entanto, estas vertentes estão subdivididas em áreas, num total de 22.

Relativamente à vertente de integração local, a avaliação segue as áreas relativas à paisagem e património, solo e ecossistemas naturais. Esta vertente é um dos aspectos-chave, no que diz respeito ao desenvolvimento sustentável do edifício ou empreendimento em relação ao seu ambiente circundante. Muitos efeitos devidos à ocupação do solo, às alterações ecológicas do território, à valorização do território e da rede ecológica, assim como a valorização de paisagem e do património, estão muito dependentes do factor de localização.

A vertente cargas ambientais está subdividida em 5 áreas, sendo elas as emissões atmosféricas, resíduos, ruído exterior, poluição ilumino-térmica e efluentes, uma vez que são destas áreas que decorrem os impactos das cargas gerados pelos ambientes construídos e actividades associadas. A vertente referente à vivência sócio-económica, relaciona directamente a sociedade com o espaço em que esta se situa, sendo desse modo definida pelas áreas: diversidade económica, amenidades e interacção social, participação e controlo, acesso para todos e custos no ciclo de vida.

A vertente gestão ambiental e inovação é constituída pelas áreas inovação e gestão ambiental. A gestão ambiental permite a disponibilização de informação aos agentes envolvidos, e através de sistemas de gestão, pode certificar a consistência e a concretização dos critérios e soluções referentes ao desempenho ambiental, assim como atestar uma dinâmica de controlo e melhoria continua ambiental e a promoção da inovação, garantindo o bom desempenho do edificado.

A vertente referente ao consumo de recursos é a mais relevante na avaliação, pois assume um papel fundamental para o equilíbrio do meio ambiente e é definida pelas áreas de energia, água, materiais e alimentares. É de relevar que o consumo de recursos gera impactos muito significativos, os quais podem ocorrer durante as várias fases do ciclo de vida dos edifícios ou empreendimentos. A área da energia, mais especificamente o critério de certificação energética, está directamente relacionada com o consumo energético e no edificado com o desempenho obtido na certificação energética, implementado pelo Sistema Nacional de Certificação Energética e da Qualidade do Ar.

A vertente conforto ambiental é definida pelas áreas de iluminação e acústica, qualidade de ar e conforto térmico. As actuais exigências funcionais requeridas aos edifícios e meio urbano, torna imprescindível que os edifícios e o ambiente exterior envolvente, não cumpram apenas os requisitos de eficiência energética, mas também promovam a satisfação dos utentes. Torna-

-se assim necessário, avaliar os diversos elementos que possam influenciar esse conforto, quer ao nível da qualidade do ar, assim como do conforto térmico, dos níveis de iluminação e isolamento acústico/ níveis sonoros.

2.2.3. Algumas aplicações

No decorrer do desenvolvimento e parametrização do sistema LiderA foram efectuadas avaliações, a nível nacional de 5 casos-piloto, de modo a permitirem testar e aferir o sistema. Para tal, estas avaliações foram feitas na versão residencial e turística.

A título de exemplo das várias aplicações já efectuadas do sistema LiderA, através da versão LiderA 1.0, apresenta-se de seguida o resultado da avaliação de edifícios existentes, o edifício de habitação Torre Verde em Lisboa e o Hotel Jardim Atlântico na Madeira. Esses resultados foram obtidos exclusivamente pela equipa do LiderA sendo aqui citados (Limão, 2007).

2.2.3.1. Torre Verde

A Torre Verde é um edifício de habitação localizado no Parque das Nações, em Lisboa, nas proximidades da Ponte Vasco da Gama. Trata-se de um edifício com projecto bioclimático. A ideia da Torre Verde nasceu em Setembro de 1995, sendo da responsabilidade da empresa Tirone Nunes, com o objectivo de demonstrar a nível internacional que mesmo inserido em contexto urbano de alta densidade, é possível alcançar elevados níveis de conforto durante todo o ano, partindo da eficiência energética, recorrendo a energias renováveis, assim como com a incorporação de tecnologias solares passivas e activas.

A construção deste edifício teve início em 1996 e foi concluída em 1998. É composto por apartamentos de tipologia T2 e T4, com uma área de implantação de 1225 m², uma área bruta de 7200 m², correspondente a 12 andares e a um total de 41 apartamentos.

A avaliação do edifício Torre Verde pelo Sistema LiderA, decorreu no ano de 2006, tendo-se efectuado para a fase de operação. No contexto das vertentes e áreas características do sistema LiderA foram avaliados os vários critérios referentes a estas, obtendo-se os seguintes resultados:

- Relativamente à vertente **local e integração**, este edifício insere-se no projecto de requalificação da zona ribeirinha oriental de Lisboa iniciado com a construção da feira

mundial de exposições EXPO 98, projecto com o objectivo da recuperação duma área ribeirinha previamente industrializada (empresas petrolíferas e depósitos de material militar), ou seja, uma zona bastante degradada e poluída, quer ao nível do solo como das águas que aí acostavam. Desse modo, os terrenos foram aliviados de todas as indústrias, uma vez que as edificações existentes foram demolidas e os terrenos foram limpos e terraplanados. Ou seja, verificou-se uma recuperação e valorização do local (C1). Quanto à valorização de amenidades (C7), o empreendimento localiza-se num espaço onde existem várias amenidades e de vários tipos, nomeadamente ao nível das naturais: possui elevada área de jardins e o estuário do rio Tejo, e ao nível das humanizadas possui farmácias, clínicas, escola, polícia e bancos nas áreas próximas do edifício.

- Em termos de **Recursos**, dada a implementação de medidas bioclimáticas neste edifício, verificar-se, relativamente ao desempenho energético passivo (C10) um excelente desempenho passivo, que se traduz numa redução efectiva do consumo de electricidade (C11), satisfazendo os critérios de conforto e qualidade de ar interior. O consumo médio de electricidade na Torre Verde ronda os 26,49 kWh/m².ano (dados do relatório de monitorização efectuado). Para além da minimização dos consumos de energia eléctrica foram desenvolvidas soluções de modo a maximizar a contribuição das energias renováveis para outros consumos (C14), como o contributo da energia solar para o aquecimento de águas sanitárias, AQS.
- Relativamente ao **Conforto ambiental**, foram tomadas algumas medidas que possibilitam assegurar a qualidade do ambiente interior. Em termos relativos à ventilação natural (C36), pode referenciar-se a presença de uma ventilação adequada, quase exclusivamente natural e em muitas situações verifica-se a ventilação cruzada. Associado ao facto da não existência de aparelhos de ar condicionado nas habitações, ou outros elementos, obtém-se uma prevenção de micro contaminações (C38). As casas de banho são interiores, sendo ventiladas mecanicamente. Algumas das cozinhas têm exaustores, com a devida potência necessária. Uma vez que o sistema de aquecimento central e de aquecimento de águas quentes é centralizado, não existem esquentadores / caldeiras dentro dos apartamentos. Isto é, podem-se verificar assegurados os padrões adequados de qualidade de ar interior. O conforto térmico (C39) é um dos aspectos de maior ênfase neste edifício, verificando-se a satisfação deste critério, quer em estações de aquecimento quer de arrefecimento. A luz natural (C40) é também bastante beneficiada, proporcionando adequada iluminação no interior dos apartamentos. É de notar ainda que

existe a capacidade de controlar estores exteriores (intensidade e sombreamento de luz), a temperatura (através do aquecimento central e através de arrefecimento pela ventilação) e a ventilação (através de portas e janelas).

- Em termos de **gestão ambiental e inovação** do edifício verificou-se que, relativamente à gestão ambiental, segundo informação (C48) fornecida, existe disponível aos moradores um manual de utilização com indicações do funcionamento de equipamentos, manutenção e sensibilização à redução e separação de resíduos, incentivo à utilização de lâmpadas de menor consumo, redutores de pressão para torneiras, etc. Foi ainda implementado, um plano de monitorização de modo a constatar as condições interiores de temperatura e humidade e ainda referente aos consumos energéticos, o que permitiu verificar que as condições de conforto térmico são garantidas.

2.2.3.2. Hotel Jardim Atlântico

O Hotel Jardim Atlântico localiza-se na encosta sudoeste da Ilha da Madeira, nos Prazeres, na Calheta, tendo sido iniciada a sua construção em 1991 e concluída em 1993, ocupando uma área total de 19808 m². É composto por 61 apartamentos T0, 26 apartamentos T1, 2 apartamentos T2 e 8 *bungalows* T1. A sua forma é irregular e possui uma construção adaptada à topografia do terreno, de modo a usufruir da brisa natural e refrescante que o Oceano Atlântico proporciona, dispondo, desde logo, de uma importante predisposição para a área ambiental.

Encontra-se integrado numa área verdejante natural, 480 m acima do Oceano Atlântico e com vista privilegiada sobre as vilas piscatórias do Paúl do Mar e Jardim do Mar, os "poios" e sobre as montanhas do Parque Natural da Madeira (a 2 km).

Dada a perspectiva ambiental do seu promotor, a Família Bachmeier, foi dado grande valor ao ambiente, o que se manifesta não só nas medidas ambientais (Energia, Resíduos, Água Potável e Efluentes, Qualidade do Ar Interior e Ambiente Sonoro, Impacte Paisagístico), como na Formação Ambiental presente em todos os funcionários e com especial destaque na sensibilização dos hóspedes.

Foram avaliados os vários critérios, estabelecidos segundo um perfil ambiental simplificado no Sistema LiderA, tendo sido obtidos os resultados apresentados de seguida:

- Relativamente ao **Local e integração**, uma das preocupações desde logo em projecto, foi a integração na paisagem (C5), e no ambiente natural envolvente, de modo que este foi planeado e construído de modo a ficar integrado e adaptado, conseguindo não ser visível por completo do exterior, de nenhuma perspectiva, isto é, diminuindo o impacto visual da estrutura. Posteriormente, foram aplicados estendais de roupa nos balcões dos apartamentos, de modo a que os hóspedes os utilizem, sem terem de as colocar de forma visível na varanda. Em termos de amenidades (C7), o hotel contém, além de um restaurante e um *snack-bar*, um centro (o *Centro Vital, SPA*) com variadíssimos serviços, nomeadamente salão de beleza, banhos de hidromassagem, chocoterapia, vinhoterapia, solário, pequeno ginásio e sauna, entre outros. Relativamente às amenidades naturais, possui no local ou proximidades, áreas ajardinadas nas quais está incluído o "Bare Fut Track", uma quinta pedagógica, o Parque Natural da Madeira a 2 km de distância, o oceano Atlântico, entre outros.
- Relativamente ao consumo de **Recursos**, o sector energético teve atenções especiais, entre as quais se destacam as medidas aplicadas com vista a reduzir o consumo de electricidade (C11), isto é, a utilização de cartões perfurados como chave para os quartos (como controladores de consumo de energia eléctrica); a utilização exclusiva de lâmpadas de baixo consumo, das quais mais de 60% são de eficiência energética Classe A; a implementação de sensores de movimento, foto células e relógios para diminuir o tempo da iluminação e para regular o tempo exacto de horas de trabalho para máquinas e outros equipamentos; a adequação dos programas de lavagem na lavandaria, específicos conforme os tipos de roupa e com doseadores digitais, conseguindo um rendimento ideal por lavagem.

Refira-se, ainda, a utilização de bons isolamentos, o que veio igualmente permitir a redução dos consumos. Na área de eficiência dos equipamentos (C15), tem-se, além das lâmpadas anteriormente referidas, a utilização, na maioria dos casos, de aparelhos e máquinas de baixo consumo (nível A), pois possuem recuperação de energia e calor; a optimização na localização destes, ou seja, esta foi pensada de forma a minimizar trocas de energia. De modo a conseguir a redução dos consumos de água potável (C16), proveniente da rede, foram instalados diversos mecanismos, entre os quais pode-se referir: os redutores nas torneiras pelo que o caudal destas não excede os 12 litros por minuto, exceptuando-se a da banheira e nos chuveiros, redução dos depósitos das sanitas para uma quantidade máxima por descarga de 6 litros, poupando mais de 40% de água e,

ainda, a colocação de instruções para o uso ideal do reservatório da sanita, conforme as necessidades, de forma a economizar-se 50% de água; o aproveitamento da água produzida no desumidificador para os ferros de engomar roupa, radiadores dos automóveis bem como fontes ornamentais, e finalmente, a mudança das toalhas dos quartos de banho e da roupa de cama, apenas uma vez por semana, ou a pedido do hóspede (quando este considera necessário).

Além das medidas referidas, foram instaladas, ao longo dos beirais, calhas que permitem efectuar a recolha da água da chuva (C19), conduzindo-a para um tanque de armazenamento, após o que será utilizada na rega dos jardins.

As águas locais são geridas (C20) com alguma atenção, por um lado pela implementação de um Sistema de Gestão Ambiental, o qual possui procedimentos específicos para cada sector e por outro, através do controlo das águas de escorrência dos telhados e a retenção e tratamento de efluentes hídricos no local. É de referenciar, ainda, que são utilizados apenas adubos provenientes da compostagem de orgânicos, fertilizantes biológicos e insecticidas biológicos nos jardins, e que as levadas, ribeiras e sifões são mantidas limpas para um melhor escoamento das águas.

- No que diz respeito às **Cargas ambientais**, a minimização dos efluentes (C25), cujas medidas já foram mencionadas para a minimização dos consumos de água, reflectem-se, inevitavelmente, na minimização da produção de efluentes. Existe, no local e para o serviço de tratamento dos efluentes (C26) do Hotel, uma ETAR que procede ao tratamento de todas as águas residuais da unidade. Em seguida, esta água limpa é, em grande parte reutilizada (C27) na rega dos jardins (aproximadamente 25.000 m²), o que confere ao hotel um reaproveitamento da água que foi consumida, minimizando os gastos globais e contribuindo para a preservação dos recursos. Devido a este aproveitamento último, não tem sido necessário recorrer, para rega, à água recolhida nos beirais.
- O **Ambiente interior** é de grande qualidade. Ao nível da qualidade do ar interior verificasse a utilização, exclusiva em todos os quartos, de ventilação natural (C36), sem a existência de ar condicionado. Alguns dos micro-poluentes (C38) mais importantes foram eliminados, nomeadamente a *legionella*, uma vez que se realizam verificações periódicas do *chiller* e ar condicionado (usado nas zonas públicas). Adicionalmente, já foi referido na gestão das águas locais a utilização exclusiva de produtos biodegradáveis, o que

elimina a contaminação por pesticidas. O interior do hotel e dos quartos possui um bom conforto térmico (C39), em grande parte conseguido pela adequabilidade do isolamento térmico colocado. Para reforçar o bem-estar dos hóspedes no interior dos quartos, estes foram pintados segundo a filosofia "*Feng Shui*" em harmonia com a natureza, com as suas cores e fenómenos naturais. Pode-se ainda evidenciar que o acesso ao hotel está cortado para a circulação de viaturas entre as 23h e 7h, através de uma barreira, para redução do ruído e que não se pode utilizar o telemóvel no restaurante, contribuindo para melhorar o ambiente acústico local.

- O Hotel possui um sistema de **gestão ambiental** (C49) certificado pela NP EN ISO 14001 e certificações como a ECO-HOTEL (da TUV *Rheinland*). Dispõe também do rótulo ecológico comunitário (*European Ecolabel*) para serviços de alojamentos turísticos.

2.3. Legislação e normas a aplicar

Os princípios do desenvolvimento sustentável envolvem processos de integração de critérios ambientais na prática económica, de modo a garantir que os planos estratégicos das organizações satisfaçam as necessidades de crescimento e evolução contínua, ao mesmo tempo que conservem o “capital” da natureza para o futuro. Aplicar estes princípios significa viver dentro da capacidade dos ecossistemas existentes, o que exigirá mudanças em muitos aspectos da sociedade, mercado e indústrias (Camargo, 2002).

Actualmente, existem exigências legislativas no âmbito do ambiente e da sustentabilidade para diversos sectores. No entanto, a primeira directiva comunitária sobre questões ambientais surgiu em 27 de Junho de 1967 (Directiva nº 67/548/CEE), abordando as questões de classificação, embalagem e rotulagem de substâncias perigosas. A perspectiva ambiental foi incluída, de forma pioneira, na Constituição da República Portuguesa em 1976, sendo reconhecida a existência de direitos e deveres relativamente ao ambiente (Pinheiro, 2006).

Hoje a legislação é aplicada nos mais diversos aspectos, tais como:

- Ruído (DL nº 9/2007, de 17 de Janeiro de 2007, DL nº 221/2006, de 8 de Novembro de 2006 e o DL nº 146/2006, de 31 de Julho).

- Património Cultural e arqueológico (Lei nº 107/2001, de 08 de Setembro de 2001 e DL nº 270/99, de 15 de Julho de 1999).
- Substâncias perigosas (DL nº 82/95, de 22 de Abril de 1995).
- Resíduos (Portaria nº 32/2007, de 8 de Janeiro de 2007, Portaria nº 50/2007, de 9 de Janeiro, Portaria nº 1407/2006, de 18 de Dezembro, Portaria nº 1408/2006, de 18 de Dezembro, DL nº 178/2006, de 5 de Setembro, Portaria nº 209/2004, de 3 de Março, Decisão do Conselho nº 2003/33/CE de 19-12-2002, Portaria nº 961/1998, de 10 de Novembro, Portaria nº 335/1997, de 16 de Maio, Despacho n.º 8943/1997, do Instituto dos Resíduos, de 9 de Outubro (II Série), DL nº 310/1995, de 20 de Novembro).
- Resíduos sólidos urbanos (Portaria nº 187/2007, de 12 de Fevereiro).
- Aterros destinados a resíduos (Decisão do Conselho nº 2003/33/CE de 19 de Dezembro de 2002, Directiva 1999/31/CE do Conselho, de 26 de Abril, DL nº 152/2002, de 23 de Maio).
- Resíduos perigosos (Directiva 91/689/CEE do Conselho, de 12 de Dezembro; Directiva 94/31/CEE, do Conselho, de 27 de Junho, Decisão da Comissão 2000/532/CE, de 03 de Maio de 2000, Decisão do Conselho 2001/573/CE, de 23 de Julho de 2001).
- Resíduos relativos a policlorobifenilos e dos policlorotrifenilos (PCB/PCT), (Directiva 96/59/CE, do Conselho, de 16 de Setembro, DL nº 277/99, de 23 de Julho, Decisão 2001/68/CE, da Comissão, de 16 de Janeiro).
- Resíduos provenientes da construção e demolição (DL nº 46/2008, de 12 de Março, Portaria n.º 417/2008 de 11 de Junho).
- Resíduos de equipamentos eléctricos e electrónicos (DL nº 230/2004, de 10 de Dezembro).
- Qualidade do ar (Resolução do Conselho de Ministros nº 104/2006, de 23 Agosto; DL nº 78/2004 de 3 de Abril; DL nº 119/2002, de 20 de Abril; DL nº 276/99, de 23 de Julho; Portaria nº 399/97, de 18 de Junho; Portaria nº 286/93, de 12 de Março; DL nº 352/90, de 9 de Novembro).

- Qualidade da água (Lei nº 58/2005, 29 de Dezembro; DL nº 149/2004 de 22 de Junho; DL nº 261/2003 de 21 de Outubro; DL nº 506/99, de 20 de Novembro; DL nº 234/98 de 22 de Julho; DL nº 236/98, de 01 de Agosto; Declaração de Rectificação nº 22-C/98 de 30 de Novembro; DL nº 152/97 de 19-06-1997; DL nº 46/94, 22 de Fevereiro; Declaração de Rectificação nº 63/94 de 31 de Maio; DL nº 207/94, de 06 de Agosto).
- REN- Redes energéticas nacionais (DL nº 79/95, de 20 de Abril; DL nº 213/92, de 12 de Outubro; DL nº 93/90, de 19 de Março; DL nº 316/90, de 13 de Outubro).
- RAN- Reserva agrícola nacional (DL nº 196/89, de 14 de Junho; DL nº 274/92, de 12 de Dezembro; DL nº 278/95, de 25 de Outubro).

2.3.1. Legislação sobre energia

Os esforços em aumentar a eficiência energética dos edifícios podem-se enunciar, como um dos principais passos em direcção à construção sustentável, dentro do panorama legislativo (Limão, 2007).

Neste âmbito, surge em 1990 o primeiro documento normativo nacional, o Regulamento das características de comportamento térmico dos edifícios (RCCTE), Decreto-Lei nº 40/90, de 6 de Fevereiro, na sequência da necessidade de existir um instrumento legal que regulamentasse as condições térmicas do parque edificado, de forma a satisfazer as pretensões da população *“melhores condições de salubridade, de higiene e de conforto nos edifícios em geral e na habitação em particular, e que tem a ver, também, com o consumo actual e potencial de energia para o conforto térmico (aquecimento e arrefecimento) e relativamente ao conforto visual (iluminação), assim como a qualidade da construção em geral”*. Este documento visava fundamentalmente impor uma melhoria na qualidade térmica da envolvente dos edifícios, no sentido da melhoria das condições de conforto sem acréscimo dos consumos energéticos; incentivando os promotores, engenheiros, arquitectos e utilizadores finais a aplicar o conceito de Edifícios Solares Passivos (ESP). Assim, para que os edifícios tivessem melhor comportamento durante o Inverno, impulsionou-se a utilização de envolventes opacas (paredes e coberturas) e translúcidas (envidraçados) com melhor isolamento térmico, através da introdução de isolantes nas paredes exteriores e vidros duplos nos vãos. Promoveu-se também, para além da melhoria ao nível do isolamento térmico, uma maior eficácia na captação de energia solar disponível, através de envidraçados bem orientados (a Sul), e

protegidos durante a noite por estores ou dispositivos similares que diminuíssem as perdas através destes, durante o período nocturno. Durante o Verão, as preocupações ao nível da captação da energia solar são exactamente opostas, pretendendo-se evitar ao máximo o aquecimento dos espaços interiores devido à entrada de energia solar pela envolvente opaca e translúcida, sendo este objectivo conseguido pela utilização de elementos sombreadores nos envidraçados, principalmente nos orientados a Sul, e pelo recurso à ventilação natural como forma de remover a carga térmica interior, sempre que conveniente.

Em 1998 entrou em vigor outro regulamento no âmbito do consumo energético dos edifícios, Regulamento dos sistemas energéticos de climatização nos edifícios (RSE-CE), Decreto-Lei 118/98, de 7 de Maio. Este documento dirigia-se a edifícios onde havia consumos significativos de energia para climatização (aquecimento e/ou arrefecimento), uma vez que grande parte da energia consumida por esta via se verifica em edifícios de serviços. No entanto, aplicava-se também a todos os edifícios residenciais que apresentavam sistemas de condicionamento da temperatura interior, com potência instalada superior a 25 kW. Este regulamento tinha como objectivo corrigir a dimensão (potência) dos sistemas de climatização instalados, para evitar os sobredimensionamentos exagerados e com isto diminuir os consumos energéticos correspondentes.

Em 2001, o governo Português optou formalmente pelo Programa E4 (Eficiência Energética e Energias Endógenas) que tem o objectivo de, “*pela promoção da eficiência e da valorização das energias endógenas, contribuir para a melhoria da competitividade da economia portuguesa e para a modernização da nossa sociedade, salvaguardando simultaneamente a qualidade de vida das gerações pela redução de emissões, em particular de CO₂, responsável pelas alterações climáticas*”. Neste sentido, foi transposta para o direito interno a Directiva Europeia sobre o Desempenho Energético dos Edifícios⁴ (Directiva 2002/91/CE do Parlamento Europeu e do conselho de 16 de Dezembro de 2002), relativa ao desempenho energético dos edifícios), tendo sido publicado em 4 de Abril de 2006 o novo enquadramento legislativo desta matéria, o novo Regulamento das Características de Comportamento Térmico dos Edifícios (RCCTE), Decreto-Lei n.º 80/2006, de 4 de Abril, o novo Regulamento dos Sistemas Energéticos de Climatização em Edifícios (RSECE), Decreto-Lei n.º 79/2006, de 4 de Abril e o diploma que aprova o Sistema Nacional de Certificação Energética e da Qualidade do Ar Interior nos Edifícios (SCE), Decreto-Lei n.º 78/2006, de 4 de Abril.

⁴ Energy Performance of Buildings Directive (EPBD).

O novo RCCTE entrou em vigor no dia 3 de Junho de 2006 e aplica-se a edifícios de habitação e pequenos edifícios de serviços sem sistemas de climatização centralizados. Este regulamento manteve a mesma estrutura do anterior, introduzindo apenas alterações ao nível das exigências, de modo a promover a maior eficiência energética e utilização de recursos endógenos bem como o recurso a edifícios solares passivos e ligeiras alterações ao nível da metodologia de cálculo, através da:

- i. actualização das características térmicas de referência para a envolvente dos edifícios, com base nos critérios de viabilidade económica indicados na Directiva Europeia para Eficiência Energética dos Edifícios, que apontam para a adopção de todas as medidas de conservação de energia com período de recuperação de investimento de oito anos ou inferior;
- ii. duplicação, na generalidade, das espessuras de isolamento nos elementos da envolvente exterior (paredes, coberturas e pavimentos exteriores), o que se traduz na melhoria em 40% dos coeficientes de transmissão térmica, relativamente às exigências do regulamento anterior;
- iii. adopção de vidros duplos, nos climas mais frios e nas orientações sem ganhos solares significativos;
- iv. consideração da forma dos edifícios no cálculo das necessidades de energia para a climatização. Através da introdução de um factor relacionado com a forma dos edifícios, pretende-se que nos edifícios com envoltentes demasiado recortadas, a equipa de projecto seja forçada a adoptar um maior grau de isolamento, para não se exceder o nível regulamentar de necessidades nominais de energia para climatização;
- v. contabilização da contribuição de sistemas solares passivos (para além das janelas) e de sistemas de aquecimento de águas sanitárias (em favorecimento da água quente produzida por sistemas de colectores solares).
- vi. obrigatoriedade de se instalarem sistemas de colectores solares térmicos para o aquecimento da água sanitária sempre que o edifício apresente uma exposição solar adequada;

- vii. novos procedimentos de cálculo de perdas e ganhos pelas pontes térmicas são abordados de uma forma mais detalhada de modo a determinar-se com maior rigor as trocas que se verificam nessas áreas (Mateus e Bragança, 2006).

Este regulamento, dependendo da localização do edifício, define os valores de referência (N_t) (equação 2) de forma a limitar as necessidades globais anuais nominais específicas de energia primária (N_{tc}) (equação 1), o que quer dizer que o valor de N_{tc} não pode ser superior ao N_t especificado no regulamento.

$$N_{tc} = 0,1 \times (N_{ic}/\eta_i) \times F_{pui} + 0,1 \times (N_{vc}/\eta_v) \times F_{puv} + N_{ac} \times F_{pua} (\text{kgep/m}^2 \cdot \text{ano}); \quad (1)$$

Sendo η_i e η_v o rendimento do sistema de aquecimento e arrefecimento, e N_{ic} , N_{vc} , N_{ac} respectivamente as necessidades específicas de aquecimento, arrefecimento e Águas Quentes Sanitárias (AQS), respectivamente, em kWh/m².ano, os factores de conversão de energia primária das necessidades de aquecimento, de arrefecimento e de preparação de AQS são respectivamente F_{pui} , F_{puv} , F_{pua} (kgep/kWh).

$$N_t = 0,9 \times (0,01 \times N_i + 0,01N_v + 0,15N_a) (\text{kgep/m}^2 \cdot \text{ano}); \quad (2)$$

Sendo N_i , N_v , N_a respectivamente as necessidades de referência de aquecimento, arrefecimento e preparação de AQS (kWh/m².ano).

O RCCTE considera que as necessidades de aquecimento são obtidas pelo balanço de perdas de calor pela envolvente (Q_t) (equação 4), as perdas de calor por renovação de ar (Q_v) (2) e os ganhos úteis (QGU) (3); como se pode observar na equação 3:

$$N_{ic} = (Q_t + Q_v - QGU) / A_p (\text{kWh/m}^2 \cdot \text{ano}) \quad (3)$$

- 1) Sendo Q_t , as perdas de calor pela envolvente,

$$Q_t = Q_{ext} + Q_{lna} + Q_{pe} + Q_{pt} (\text{kWh/ano}); \quad (4)$$

são consideradas como sendo a soma das perdas por zonas correntes (paredes, envidraçados, pavimentos e cobertura) em contacto com o exterior (Q_{ext}), ou locais não aquecidos (Q_{lna}), perdas por paredes ou pavimentos em contacto com o solo (Q_{pe}) e perdas por pontes térmicas (Q_{pt}).

- 2) Sendo Q_v (equação 5) as perdas de calor por renovação de ar por ventilação natural pode ser obtida a partir de - cálculo da área útil de pavimento (AP); obtenção do pé-direito (Pd); obtenção do valor de Graus-Dias (GD) do local; cálculo da taxa de renovação do ar horária (Rph). Pode-se adoptar como valor de Rph 0.6 h^{-1} , no caso de o edifício estar conforme a norma NP 1037-1. Caso contrário, é necessário utilizar o Quadro IV.1 do Anexo IV do RCCTE;

$$Q_v = GD \times 0,024 \times (A_p \times P_d \times R_{ph} \times 0,34) \text{ (kWh/ano)} \quad (5)$$

- 3) Sendo Q_{GU} (equação 6) os ganhos úteis são obtidos através do produto dos ganhos brutos (Q_G) com o factor de utilização dos ganhos (η), como mostra as equações 8 e 9, para se obter o termo Q_G (equação 7) é necessário calcular os ganhos internos (Q_{Gi}) e os ganhos solares (Q_s). Enquanto que para obter o η é necessário calcular a inércia térmica do edifício e aplicar o seu factor associado (a) e um factor que relaciona os ganhos térmicos com as perdas térmicas do edifício (γ).

$$Q_{GU} = Q_G \times \eta \text{ (kWh)} \quad (6)$$

$$Q_G = Q_s + Q_{Gi} \text{ (kWh)} \quad (7)$$

$$\eta = \frac{1-\gamma^a}{1-\gamma^{a+1}}, \gamma \neq 1 \text{ e} \quad (8)$$

$$\eta = \frac{a}{a+1}, \gamma = 1 \quad (9)$$

O novo RSECE entrou em vigor em Julho de 2006 e aplica-se a edifícios novos e existentes e a edifícios de habitação com sistemas de climatização com potência instalada superior a 25 kW.

O novo RSECE passa a actuar em duas fases distintas, na fase de projecto e na fase de funcionamento do edifício. Na fase de projecto, este deverá assegurar três objectivos fundamentais, o dimensionamento correcto das instalações de climatização, a concepção correcta dos sistemas primários fornecedores de energia e de opções de utilização racional de energia e a estimativa dos consumos energéticos do edifício.

2.3.2. Normas ISO

As normas ISO são elaboradas pela *International Standardization Organization*, com sede em Genebra, na Suíça, que reúne mais de 100 países com a finalidade de criar normas internacionais. Cada país possui um órgão responsável por elaborar as suas normas.

A família de normas ISO 14000, relativas aos sistemas de gestão ambiental, constituem uma ferramenta de cuja implementação deverá resultar um melhor desempenho ambiental, embora não estabeleçam níveis específicos de desempenho ou de poluição. No entanto, criam um referencial que garante o cumprimento da legislação ambiental, o estabelecimento de objectivos ambientais a todos os níveis relevantes da organização, e a fixação de novos, assim que estes sejam atingidos, a estruturação da comunicação em termos ambientais, a definição de uma Política de Ambiente ajustada à realidade da organização, a avaliação periódica do Sistema de Gestão Ambiental implementado, de modo a identificar oportunidades de melhoria ao nível do desempenho ambiental.

No âmbito e objectivos referentes às normas do sistema de gestão ambiental, a família das ISO 14000, consistem em fornecer às organizações elementos de gestão coerentes com o conceito de desenvolvimento sustentável (Camargo et al., 1997).

A norma ISO 14004:2004 contém as directrizes gerais sobre princípios, sistemas e técnicas de apoio e apresenta, de forma global, os sistemas de gestão ambiental e estimula o planeamento ambiental ao longo do ciclo de vida do produto ou do processo. Um dos componentes do sistema de gestão é o planeamento das actividades da organização, para se atingirem as metas e os objectivos ambientais.

A família de normas ISO 14000 é constituída pelas seguintes normas:

ISO 14001:2004- sistema de gestão ambiental - especificações com guias para uso;

ISO 14004:2004 - sistema de gestão ambiental - directrizes gerais sobre princípios, sistemas e técnicas de apoio;

ISO 14010:2004 - directrizes para auditoria ambiental - princípios gerais para auditoria Ambiental;

ISO 14011:2004 - directrizes para auditoria ambiental - auditoria de sistemas de gestão Ambiental;

ISO 14012:2004- directrizes para auditoria ambiental - critérios para a qualificação de auditores ambientais;

ISO 14020:2004- princípios básicos para rotulagem ambiental;

ISO 14021:2004- rotulagem ambiental - auto-declarações;

ISO 14022:2004 -símbolos para rotulagem ambiental;

ISO 14023:2004- rotulagem ambiental - metodologias para testes e verificações ambientais;

ISO 14024:2004- rotulagem ambiental – princípios - guia, práticas e critérios, procedimentos de certificações;

ISO 14025- metas e princípios de toda a rotulagem ambiental;

ISO 14031 - avaliação de desempenho ambiental;

ISO 14032 - avaliação de desempenho ambiental dos sistemas operacionais;

ISO 14040 - avaliação do ciclo de vida - directrizes e princípios gerais;

ISO 14041 - avaliação do ciclo de vida - inventário analítico;

ISO 14042- avaliação do ciclo de vida - análise de impacto;

ISO 14043 - avaliação do ciclo de vida - avaliação da melhoria;

ISO 14050 - termos e definições - guia dos princípios para trabalhos terminológicos;

ISO 14060 - guia para inclusão de aspectos ambientais em normas para produtos.

Recentemente, para o sector da construção foram publicadas normas específicas, as normas ISO 21930:2007 - Sustentabilidade na construção civil – Declaração ambiental de produtos para construção e ISO 15392:2008 – Sustentabilidade na construção civil – Princípios gerais, que definem do seguinte modo, o conceito de obra sustentável:

“Edificação sustentável é aquela que pode manter moderadamente ou melhorar a qualidade de vida e harmonizar-se com o clima, a tradição, a cultura e o ambiente na região, ao mesmo tempo em que conserva a energia e os recursos, recicla materiais e reduz as substâncias perigosas dentro da capacidade dos ecossistemas locais e globais, ao longo do ciclo de vida do edifício (ISO/TC 59/SC3 N 459) ” (Araújo, 2008).

Capítulo 3 –
Energia fotovoltaica e aproveitamento
de águas

3. ENERGIA FOTOVOLTAICA E APROVEITAMENTO DE ÁGUAS

3.1. Energia Fotovoltaica

A energia fotovoltaica é a energia obtida através da conversão directa da luz do sol em electricidade. O constante avanço desta tecnologia está a proporcionar o aumento da capacidade de fornecimento de energia solar, permitindo que a energia solar seja uma opção viável com soluções de baixo custo e manutenção mínima.

Esta tecnologia é uma das mais promissoras fontes de energia renovável. A vantagem mais clara é a quase total ausência de poluição. Para além desta vantagem, engloba também a ausência de partes móveis susceptíveis de partir, a não produção de cheiros ou ruídos, a baixa ou nenhuma manutenção, e tempo de vida útil elevado para os sistemas.

Os sistemas fotovoltaicos podem ser divididos em sistemas ligados à rede e em sistemas autónomos. No último caso, o aproveitamento da energia solar precisa de ser ajustado à procura energética. Uma vez que a energia produzida não corresponde (na maior parte das vezes) à procura pontual de energia de um consumidor concreto, torna-se obrigatório considerar um sistema de armazenamento (baterias) e meios de apoio complementares de produção de energia (sistemas híbridos) (Greenpro, 2004).

A função de uma célula solar consiste em converter directamente a energia solar em electricidade. A forma mais comum das células solares o fazerem é através do efeito fotovoltaico.

Existem três tipos principais de células solares:

- as células mono-cristalinas, que representam a primeira geração. O seu rendimento eléctrico é relativamente elevado (aproximadamente 16%, podendo subir até cerca de 23% em laboratório), mas as técnicas utilizadas na sua produção são complexas e caras. Por outro lado, é necessária uma grande quantidade de energia no seu fabrico, devido à exigência de utilizar materiais em estado muito puro e com uma estrutura de cristal perfeita;
- as células poli-cristalinas, que têm um custo de produção inferior por necessitarem de menos energia no seu fabrico, mas apresentam um rendimento eléctrico inferior (entre

11% e 13%, obtendo-se até 18% em laboratório). Esta redução de rendimento é causada pela imperfeição do cristal, devido ao sistema de fabrico;

- as células de silício amorfo, são as que apresentam o custo mais reduzido, mas em contrapartida o seu rendimento eléctrico é também o mais reduzido (aproximadamente 8% a 10%, ou 13% em laboratório). As células de silício amorfo são películas muito finas, o que permite serem utilizadas como material de construção, tirando ainda o proveito energético.

A conversão directa da radiação solar em electricidade consegue-se em materiais semicondutores, com campos eléctricos internos capazes de acelerar os pares electrão-lacuna, criados por incidência dos fotões solares, de forma a gerar uma corrente eléctrica que alimenta um circuito eléctrico exterior.

Uma célula individual, unidade de base dum sistema fotovoltaico, produz apenas uma reduzida potência eléctrica, o que tipicamente varia entre 1 e 3 W (watt), com uma tensão menor que 1 V (volt). Para disponibilizar potências mais elevadas, as células são integradas, formando um módulo (ou painel). Ligações em série de várias células aumentam a tensão disponibilizada, enquanto que ligações em paralelo permitem aumentar a corrente eléctrica. A maioria dos módulos comercializados é composta por 36 células de silício cristalino, ligadas em série, para aplicações de 12 V. Quanto maior for o módulo, maior será a potência e/ou a corrente disponível.

Encontram-se, geralmente, 3 tipos de módulos solares:

- módulos de baixa voltagem / baixa potência feito de 3 até 12 pequenos segmentos de silício amorfo, com uma superfície total de alguns centímetros quadrados. A voltagem encontra-se entre 1,5 e 6 V, e a potência é de alguns miliwatts, o uso deste tipo de módulos é frequente em relógios, calculadoras, etc.;
- pequenos módulos de 1-10 W e de 3-12 V, cuja utilização principal módulos é feita em rádios, jogos, pequenas bombas de água, etc.;
- grandes módulos de 10 até 60 W, com uma tensão de 6 ou 12 V, a utilização principal é feita essencialmente em grandes bombas de água, para responder a necessidades de electricidade de habitações (luz e refrigeração) (Manso, 2008).

3.2. Aproveitamento de águas

3.2.1. Recolha de águas pluviais

A recolha de águas pluviais constitui uma medida com algum potencial para reduzir a utilização de água potável, em usos onde a qualidade da água pode ser inferior.

O telhado de um edifício é normalmente, a primeira escolha para a captação de água pluvial. A qualidade desta água depende do material do telhado, das condições climáticas e do ambiente nas redondezas. No entanto, podem ser usadas outras superfícies como os pavimentos, especialmente se não susceptíveis de acumular substâncias poluentes em quantidades significativas.

As superfícies de captação horizontais são as melhores para a recolha de água pluvial, uma vez que permitem a captação de uma maior quantidade de água pluvial.

As caleiras permitem o transporte da água pluvial proveniente da superfície de captação, sendo estas e os tubos de queda de materiais como o PVC, o alumínio e o aço galvanizado. As caleiras de alumínio e de aço galvanizado são recomendadas devido à sua resistência à corrosão.

De um modo geral, os sistemas de aproveitamento de águas pluviais são constituídos por componentes básicas que servem cada uma das seguintes funções:

- captação: inclui a superfície sobre a qual a chuva cai, isto é, a superfície de recolha ou captação;
- transporte: é constituído pelas componentes que encaminham a água do telhado para o tanque, nomeadamente os algerozes, as caleiras e os tubos de queda;
- filtração: abrange os dispositivos que removem detritos e poeiras da água pluvial captada antes desta ir para o tanque, como por exemplo os crivos de folhas, os desviadores de primeiro fluxo e os dispositivos de filtração;
- armazenamento: engloba um ou mais tanques de armazenamento que também podem ser denominados de cisternas;
- distribuição: é o sistema de transporte da água pluvial para o seu uso final, através da bombagem ou gravidade;

- tratamento: apesar de particularmente relevante no caso dos sistemas potáveis, para os usos não potáveis, esta etapa inclui normalmente apenas a remoção de sólidos (Oliveira, 2008).

No entanto, um telhado ou pavimento é uma superfície de deposição natural de poeiras, folhas, flores, galhos, corpos de insectos, fezes de animais, pesticidas e outros resíduos transportados pelo ar. Deste modo, para impedir que estes poluentes atinjam o tanque, para o qual se efectua a recolha da água, utilizam-se os componentes da filtração (os crivos de folhas, os desviadores de primeiro fluxo e os dispositivos de filtração), que são a parte do sistema que exige mais manutenção.

Os crivos de folhas são utilizados na remoção de detritos maiores, nomeadamente, folhas, galhos e flores, que caem no telhado, enquanto o desviador de primeiro fluxo permite rejeitar os contaminantes menores, como por exemplo, a poeira, o pólen e as fezes de pássaros e roedores. Os crivos de folhas devem ser limpos regularmente para funcionarem de forma eficaz, pois, caso contrário, podem ficar obstruídos e impedir que a água pluvial chegue ao tanque e os detritos podem abrigar bactérias que estragam o equipamento.

O desviador de primeiro fluxo conduz o primeiro fluxo de água proveniente da superfície de captação para fora do tanque de armazenamento. A água desviada pode ser encaminhada para um jardim. De um modo geral, o desviador de primeiro fluxo opera, filtrando o escoamento do telhado através de um filtro de tela para capturar folhas e detritos. A primeira parte do escoamento é armazenada numa câmara, onde a água entra sob a forma de gotas que caem lentamente através de um pequeno orifício, enquanto a água limpa no topo da câmara passa para dentro do tanque de água pluvial.

O dispositivo de filtração colocado normalmente mesmo antes do tanque de armazenamento, é uma caixa constituída por um filtro normal e vários filtros que removem os detritos mais pequenos, utilizados no caso de sistemas que usam a rega gota-a-gota.

No caso do aproveitamento de águas pluviais em sistemas residenciais ou outras instalações de maior dimensão, o tipo de armazenamento usado é o tanque de armazenamento ou cisterna.

Em geral, é recomendado que os tanques de armazenamento sejam opacos, para inibir o crescimento de algas, cobertos e arejados para evitar o desenvolvimento de mosquitos. Também devem ser protegidos da radiação directa do sol.

Actualmente, os tanques mais comuns utilizados em Portugal são construídos em PEAD ou em betão armado. O tamanho do tanque de armazenamento depende de vários factores, nomeadamente, do regime de precipitação local, dos usos, da área da superfície de captação, das preferências estéticas e pessoais.

Existem duas categorias de tanques de armazenamento: os tanques superficiais e os tanques enterrados ou semi-enterrados. O tanque enterrado ou instalado no interior de uma instalação (e.g. cave) é mais adequado, porque sem luz e sem calor, a actividade biológica é reduzida.

A distribuição da água pluvial pode ser efectuada por gravidade ou por bombagem. A distribuição por gravidade consiste no transporte da água pluvial até ao seu uso final por acção da gravidade. Em contrapartida, a distribuição por bombagem consiste no transporte da água pluvial com recurso a uma bomba. Qualquer bomba pode ser utilizada num sistema de captação e armazenamento de água pluvial, desde que a mesma seja convenientemente dimensionada para o efeito. Algumas soluções comercializadas permitem o uso alternado de entre o tanque de água pluvial e a rede de distribuição por forma automática ou manual, consoante a disponibilidade de água no tanque.

Para o caso dos sistemas não potáveis, o tratamento consiste apenas numa filtração simples, com o crivo de folhas nas caleiras e o dispositivo de filtração. No entanto, para a rega gota-a-gota planeada, uma filtração de partículas de menores dimensões poderá ser necessária para impedir a obstrução dos emissores.

Em geral, a água pluvial possui uma qualidade razoável para usos não potáveis, sendo necessário efectuar algum tratamento para evitar o mau funcionamento do sistema de aproveitamento de água pluvial. Os factores que afectam a qualidade da água são: partículas, matéria orgânica e outros resíduos; os materiais da superfície de captação e os materiais dos tanques.

As partículas incluem as poeiras e fuligem suspensa no ar. As partículas finas podem ser emitidas pela combustão industrial e residencial, pelo exaustor dos veículos, pelas queimadas agrícolas controladas e pelas tempestades de areia. Como a água pluvial cai através da atmosfera, esta pode incorporar estas partículas. A matéria orgânica abrange bactérias, fungos, algas, folhas e ramos de árvores, restos de animais mortos, matéria fecal e outra matéria orgânica e/ou poeira que se encontram na superfície de captação e atingem o tanque. Além das partículas poderem conter matéria orgânica, existem outros elementos como os nitratos

que podem estar presentes na água pluvial. Nas áreas agrícolas, a água pluvial pode conter uma concentração elevada de nitratos devido à existência de resíduos de fertilizantes na atmosfera. Também, as poeiras derivadas dos solos ricos em cálcio, podem aumentar a dureza da água. A água dura tem um elevado índice mineral, sob a forma de carbonatos de cálcio e magnésio.

O aproveitamento da água da chuva vede ser executado de acordo com a Especificação Técnica ANQIP⁵ ETA0701, cujas especificações nos alertam relativamente a vários factores a ter em conta para o bom e correcto funcionamento do sistema, algumas dessas especificações são:

- as cisternas deverão ser dotadas de sistema *overflow* (dotado de sifão), isto é, descarga de fundo e filtro a montante;
- os cantos da cisterna devem ser arredondados para facilitar a manutenção e para evitar o desenvolvimento de *biofilmes*;
- a cisterna deverá ser coberta, ventilada e permitir a inspecção, respeitando todas as normas de segurança;
- as águas da chuva provenientes dos sistemas *overflow* e *first flush* e do filtro, poderão ser lançadas na rede de águas pluviais, infiltradas ou lançadas em linha de água natural, desde que não exista a possibilidade de contaminação;
- deve ser colocado um dispositivo que reduza a turbulência e que diminua a velocidade de entrada da água na cisterna, a aspiração da bombagem deve também ser realizada com baixa velocidade e, quando possível, entre 10 e 15 cm abaixo do nível de água na cisterna (ou através de sistema equivalente, desde que não permita a aspiração de resíduos flutuantes ou sedimentados na mesma);
- a água da chuva deve ser armazenada em local abrigado da luz e do calor e as aberturas devem ser dotadas de dispositivos anti-roedores e anti-mosquitos;
- se o *overflow* estiver ligado directamente a uma rede pluvial, recomenda-se a instalação de uma membrana anti-roedores, caso exista a possibilidade de retorno, o sistema de descarga deve ser equipado com válvula que evite o *backflow*;

⁵ ANQUIP – Associação Nacional para a Qualidade nas Instalações Prediais

- quando as cisternas estejam colocadas em locais de baixas temperaturas, devem ser instaladas de modo a prevenir o congelamento da massa de água armazenada, devendo as tubagens também possuir isolamento; se estas forem colocadas no exterior, devem ser preferencialmente enterradas, para aproveitar a protecção geotérmica do solo (a uma profundidade mínima de 1 metro);
- a instalação das cisternas em fibra de vidro, PEAD ou noutros materiais plásticos devem respeitar as instruções de instalação do fabricante de modo a evitar deformações estruturais;
- na instalação de cisternas enterradas deverá ainda prevenir-se a flutuação, quando se encontrem vazias, e atender às cargas de tráfego;
- deve ser instalado um sistema de corte no início do sistema, de modo a que, quando sejam detectados produtos derramados (deliberada ou acidentalmente), potencialmente nocivos para a saúde humana, na área de captação, o sistema possa ser desconectado, impedindo a entrada desses produtos na cisterna. A conexão só deve ser retomada após lavagem adequada da área de captação e garantia de ausência de perigosidade;
- as cisternas devem ser dimensionadas de acordo com critérios económicos, técnicos e ambientais, considerando sempre as boas práticas de engenharia; deve ter-se em atenção que o volume total (V_t) pode ser significativamente superior ao volume útil (V_u), para ter em atenção o volume morto e a profundidade da boca de captação.
- as redes de água não potável, incluindo elementos acessórios, devem ser claramente diferenciadas das redes de água potável, como por exemplo, a utilização de fita adesiva colorida, preferencialmente com texto “Rede não potável”, “Água não potável”, “Água da chuva” ou outro equivalente, devendo ser controlado periodicamente o estado da marcação, assim como, os dispositivos de rega ou lavagem, interiores ou exteriores, devem estar identificados e sinalizados com identificação sinalética a definir;
- recomenda-se que as torneiras de lavagem ou rega sejam dotadas de manípulos amovíveis (chave de segurança), para evitar usos inadequados;

- o instalador do sistema de aproveitamento de águas pluviais deverá fornecer telas finais do sistema executado;
- quando a Entidade Gestora exija a medição de caudais, deverá considerar-se a instalação de um contador totalizador no troço de ligação da cisterna à rede predial, podendo não ser medidos os caudais que não sejam conduzidos à rede de drenagem (rega de jardins, etc.); a instalação do contador deverá ser realizada de acordo com as indicações da Entidade Gestora;
- se se considerar necessário introduzir um tratamento ou desinfecção para a água da chuva, este deverá ser implementado a jusante do sistema de bombagem, antes da entrada da água da chuva na rede não potável. Caso o pH da água seja superior a 8,5 ou inferior a 6,5, pode ser necessário ou conveniente efectuar uma correcção de pH, em função dos materiais utilizados na instalação;
- recomenda-se um controlo da qualidade da água na cisterna com uma periodicidade máxima de seis meses, prazo este que poderá ser alargado até um ano, caso o suprimento seja efectuado unicamente a partir da rede pública de água potável; o suprimento de água deve poder ser realizado sem que seja interrompido o abastecimento da rede não potável, sendo recomendável a instalação de sistemas que façam, de forma automática e segura, a gestão e a comutação das fontes de abastecimento; se o suprimento for realizado à cisterna, deve ser garantida a impossibilidade de conexões cruzadas. Quando a alimentação suplementar consista num dispositivo ligado directamente à rede potável com descarga na cisterna, deve garantir-se que a distância entre a saída desse dispositivo e o nível máximo possível de água na cisterna não seja inferior a 30 mm e, ainda, deverão ser adoptadas obrigatoriamente soluções que reduzam a turbulência na descarga da água dentro da cisterna;
- o suprimento com água da rede potável deve ser pré estabelecido, de acordo com os consumos dos fins não potáveis previstos, e não de acordo com o volume da cisterna, de modo a minimizar o consumo de água potável.

Note-se ainda, que existe uma Certificação ANQIP (de acordo com a ETA0702), para a Certificação de Sistemas de Aproveitamento de Águas Pluviais. Justificada por razões técnicas de conforto e de saúde pública, entende-se que deve ser considerada como

obrigatória num sistema de certificação dos edifícios. A Certificação de um SAAP pressupõe a sua realização de acordo com a Especificação Técnica ANQIP ETA 0701 e exige o cumprimento dos seguintes pontos:

- a) Certificação do Projecto;
- b) Intervenção de um Instalador Certificado
- c) Certificação da Instalação.

3.2.2. Reutilização de águas cinzentas

As águas residuais englobam as águas cinzentas e as águas negras. Esta distinção deve-se essencialmente à composição da água, sendo as designadas por águas cinzentas provenientes da cozinha, lavandaria, casas de banho (exceptuando a das sanitas), tanques e chuveiros e a restante, proveniente somente de sanitas, designadas por águas negras.

A água cinzenta é considerada reaproveitável, uma vez que apresenta baixa probabilidade de contaminação por microrganismos, pois, mesmo a urina é considerada inócua, salvo se for proveniente de indivíduos com infecções. No entanto, note-se que os potenciais agentes patogénicos podem ser praticamente neutralizados pelos detergentes. A diferença mais acentuada entre as duas águas consiste na respectiva taxa de decomposição dos poluentes.

A água negra é predominantemente constituída por compostos orgânicos, os quais já passaram por um complexo processo de tratamento (a digestão), razão pela qual se percebe que o seu produto contenha elementos dificilmente decomponíveis no meio aquoso, sendo deste modo, compreensível que o produto resultante não se decomponha com a mesma facilidade que outros, quando em contacto com a água (Rossa, 2006).

A utilização de águas cinzentas sem tratamento em descargas de autoclismo, apenas deve ser admitida quando a água respeite, no mínimo, as normas de qualidade de águas balneares, nos termos da legislação nacional e das Directivas europeias aplicáveis (Decreto-Lei n.º 236/98, de 1/8, que transpõe a Directiva n.º 76/160/CEE, do Conselho, de 8/12).

Os compostos orgânicos introduzidos na água consomem oxigénio dissolvido, essencial para a vida animal aquática. Este fenómeno designa-se por poluição primária, geralmente definida pela carência bioquímica de oxigénio (CBO) e carência química de oxigénio (CQO) e pelo teor de nutrientes.

Por outro lado, a poluição primária provoca um desequilíbrio resultando um excesso de nutrientes. As algas e outras espécies aquáticas passam a ter um ritmo de crescimento alterado, em consequência dum excesso de fertilizantes e de nutrientes. Estas plantas fertilizadas, porém, morrem e decompõem-se utilizando oxigénio da água. Denomina-se esta fase por poluição secundária, ou eutrofização, muitas vezes mais prejudicial do que a poluição primária, uma vez que reduz substancialmente o nível de oxigénio dissolvido na água, necessário ao equilíbrio do meio aquático. Os principais nutrientes característicos desta poluição são o azoto (N), fósforo (P) e potássio (K). Geralmente, um meio aquoso fortemente combinado dos três nutrientes, contribui fortemente para um crescimento anormal de plantas na água, quer se trate de rios, lagos ou estuários, provocando um desequilíbrio do meio, uma vez que descargas directas na água provocam uma adição generalizada e simultânea dos nutrientes nocivos, enquanto a sua infiltração no solo contribui para um aumento mais rápido do teor de azoto que do fósforo, pois o primeiro circula mais fácil e livremente na água.

Comparando a contribuição da poluição primária e secundária, em função das diferentes proveniências do sistema de águas prediais: águas negras e cinzentas, verifica-se que a rápida decomposição da água cinzenta pode ser explicada pela presença de matéria orgânica, a qual se apresenta, em contraste com a da água negra, mais disponível para os microrganismos. As diferenças na decomposição em termos de impacte no meio aquoso entre a água cinzenta e negra são evidentes. Devido à sua rápida capacidade de decomposição, a descarga de água cinzenta numa corrente de água ou lago, tem um maior impacte imediato no meio receptor, na zona da descarga, do que a água residual combinada. Pela mesma razão, a água cinzenta decompor-se-á mais rapidamente em solos após a infiltração, não sendo provável que atinja as vizinhanças dos cursos de água potável, com a mesma facilidade que a água negra (Rossa, 2006).

Um sistema de reutilização de águas residuais compreende sempre uma ou várias estações de tratamento e rede(s) de distribuição do efluente tratado ao(s) utilizador(es). Dependendo do tipo de utilização da água e das condições físicas locais, um sistema de reutilização de águas residuais tratadas pode incluir (ou não):

- reservatório de regularização do efluente a submeter a tratamento complementar para ser reutilizado;
- instalações de tratamento complementares à(s) ETAR existente(s);
- reservatórios de armazenamento;

- rede de tubagens de distribuição e aplicação da água residual tratada;
- estações elevatórias;
- medidores de caudal abastecido.

Cada sistema de reutilização de águas residuais tratadas é um caso, condicionado principalmente pelas características quantitativas e qualitativas das águas residuais tratadas, pelas características físicas do local, pelos tipos de utilização a atender e pela regulamentação sobre reutilização em vigor. Consequentemente, os sistemas de reutilização de águas residuais tratadas podem variar largamente, tanto em dimensão como em complexidade (Monte, Albuquerque; 2010).

A qualidade das águas residuais tratadas depende de três factores:

- sistema de tratamento;
- da “sua primeira utilização”;
- tipo de químicos que são utilizados nas lavagens.

Relativamente aos tratamentos das águas residuais, existem quatro graus de tratamento: pré-tratamento, tratamento primário, tratamento secundário e tratamento terciário. O pré-tratamento ou tratamento preliminar, constituído unicamente por processos físico-químicos, visa retirar da água, os sólidos grosseiros ou separar quantidades excessivas de líquidos orgânicos, como óleos e graxas. É feito através de um dispositivo de retenção, frequentemente através de um gradeamento. Porém, existem outros métodos, como as peneiras estáticas e as peneiras móveis. A remoção de óleos e graxas pode ser feita através de caixas de gordura (domiciliares ou colectivas), da adaptação de um dispositivo que remove as gorduras, tais como o decantador, tanque areado ou separador de óleo.

O tratamento primário é também constituído por processos unicamente físico-químicos, consistindo na remoção de poluentes inorgânicos, metais pesados e outros, através de vários processos como a sedimentação, a floculação ou a decantação. O principal objectivo nessa fase é obter um efluente clarificado. Este processo gera um lodo, que deverá ser conduzido de maneira adequada, através do processo de adensamento de lodo. É empregado para a remoção de sólidos em suspensão e material como óleos e graxas. É também considerado tratamento primário o armazenamento do despejo, visando o seu posterior lançamento no corpo receptor ou ainda numa unidade de tratamento subsequente (tratamento secundário/terciário).

O tratamento secundário é constituído por processos biológicos, seguidos de processos físico-químicos. No processo biológico podem ser utilizados dois tipos diferentes de tratamento:

- aeróbicos, onde se podem utilizar, dependendo da característica do efluente, tanque de lamas activadas (o ar é insuflado com arejador de superfície), lagoas arejadas com macrófitos, leitos percoladores ou biodiscos;
- anaeróbico, podem ser utilizadas as lagoas ou digestores anaeróbicos.

No processo físico-químico é feita a sedimentação dos flocos biológicos, saindo o líquido, depois deste tratamento, isento de sólidos ou flocos biológicos. As lamas resultantes deste tratamento são secas em leitos de secagem, sacos filtrantes ou filtros de prensa.

Finalizado o tratamento secundário, as águas residuais tratadas apresentam um reduzido nível de poluição por matéria orgânica, podendo na maioria dos casos, serem despejadas no meio ambiente receptor.

Normalmente, antes do lançamento final no corpo receptor, é necessário proceder à desinfecção das águas residuais tratadas para a remoção dos organismos patogénicos ou, em casos especiais, à remoção de determinados nutrientes, como o nitrogénio (azoto) e o fósforo, que podem potenciar, isoladamente e/ou em conjunto, a eutrofização das águas receptoras (Monte, Albuquerque, 2010).

Relativamente ao tratamento de águas cinzentas para reutilização conforme proposto no ponto 4.3, é normal proceder-se a um tratamento terciário.

Capítulo 4 – Caso de estudo. Avaliação segundo o LiderA

4. CASO DE ESTUDO. AVALIAÇÃO SEGUNDO O LIDERA

4.1. Avaliação do DeCivil segundo o LiderA

O Departamento de Engenharia Civil da Universidade de Aveiro, encontra-se inserido no Campus Universitário de Santiago, em Aveiro. Este edifício destina-se ao ensino superior de Engenharia Civil, cuja construção teve início em 2004 e foi concluída em 2006. É composto por 3 pisos e cave, cujas plantas e alçados principais se encontram no Anexo A. Dado que o edifício já se encontra em utilização, a sua avaliação pelo Sistema LiderA, vai-se efectuar para a fase de operação. No contexto das vertentes e áreas características do sistema LiderA foram avaliados os vários critérios relativamente a este edifício, obtendo-se os seguintes resultados:

- Relativamente à vertente **local e integração**, este edifício insere-se no Campus Universitário de Santiago - Universidade de Aveiro, situado junto às salinas da Ria de Aveiro. Este campus é caracterizado por edifícios de três pisos, na sua maioria exteriormente revestidos por tijolo face à vista, tal como o edifício em estudo, integrando-se deste modo com a sua circundante (C5). A construção deste edifício, respeita as condicionantes do PDM (C1), no entanto não proporciona uma significativa interligação de habitats (C4), uma vez que a área livre do solo relativamente ao lote em que se encontra implantado o edifício é bastante pequena (C2), o que fragmenta esta interligação dos habitats.

Tabela 1 - Avaliação da vertente integração local e paisagística

A ++	A +	A	B	C	D	E	F	G	
									Área: Solo
									Critério 1: Valorização territorial
									Critério 2: Optimização ambiental da implantação
									Área: Ecossistemas naturais
									Critério 3: Valorização ecológica
									Critério 4: Interligação de habitats
									Área: Paisagem e património
									Critério 5: Integração paisagística local
									Critério 6: Protecção e valorização do património

- Em termos de Recursos, dada a falta de implementação de medidas bioclimáticas e de desempenho solar passivo neste edifício, verifica-se, relativamente ao desempenho passivo um baixo cumprimento (C8). No entanto, verifica-se também a inexistência de fontes de energia renováveis, ou de equipamentos de elevada eficiência energética, o que não permite obter a redução do nível de emissões de CO₂, referente ao critério de intensidade de carbono (C9). No entanto, existe no corredor do 2º andar e casas de banho, sistemas de iluminação com sensores de movimento, de accionamento alternado. Dado que a data de construção do edifício é anterior a 2006, não se lhe aplicou as exigências da nova regulamentação sobre a certificação energética, o Regulamento dos Sistemas Energéticos de Climatização de Edifícios (RSECE), ou seja, não são conhecidos os valores que permitiriam atribuir uma classe para a respectiva certificação energética (C7).

Relativamente ao consumo de água potável (C10), o edifício é abastecido de água proveniente da Rede de Abastecimento Pública, está equipado com torneiras temporizadoras, de modo a controlar o consumo dos utilizadores. No entanto, estes dispositivos não podem ser classificados como eficientes do ponto de vista hídrico. Quanto à gestão de águas locais (C11), não existem medidas para utilização destas.

Quanto aos materiais, este edifício é caracterizado por materiais de boa durabilidade (C12), dado que é constituído por uma estrutura metálica com pintura de protecção ignífuga e revestido por tijolo maciço, face à vista, pelo que se considera que o tempo de vida útil da estrutura é de 100 anos, o dos acabamentos é 10 anos e o dos equipamentos e canalizações 30 anos. No entanto, os materiais utilizados foram na maioria produzidos a longa distância do local da construção, tendo sido apenas produzidos nas proximidades o betão e o tijolo maciço, o que representa uma percentagem inferior a 12,5% do total de materiais utilizados, produzidos a distância inferior a 100 km (C13). Os materiais utilizados não são certificados ambientalmente, reciclados e/ou renováveis e de baixo impacto, no entanto, não se incluem nos materiais a evitar (por serem perigosos), materiais que contenham os seguintes compostos: chumbo, amianto, arsénico, cádmio, mercúrio, sulfato, benzeno, solventes clorados, PCB, PCT, formaldeído, crómio, creosote, resinas fenólicas, entre outros (C14).

Tabela 2 - Avaliação da vertente recursos

A ++	A +	A	B	C	D	E	F	G	
									Área: Energia
									Critério 7: certificação energética
									Critério 8: Desempenho passivo
									Critério 9: Intensidade em carbono
									Área: Água
									Critério 10: Consumo de água potável
									Área: Materiais
									Critério 11: Gestão das águas locais
									Critério 12: Durabilidade
									Critério 13: Materiais locais
									Critério 14: Materiais de baixo impacto
									Área: Alimentares
									Critério 15: Produção local de alimentos

- Quanto às cargas ambientais, relativamente aos efluentes, as águas residuais são descarregadas para a Rede de Saneamento Público e tratadas em ETAR (C16), não sendo efectuado no edifício a reutilização de águas (C17). Em termos de partículas e substâncias acidificantes (C18), não é permitido fumar dentro do edifício e apenas existe um equipamento de funcionamento com combustão, uma caldeira de aquecimento a gás. Neste edifício não são tomadas medidas de diminuição de produção de resíduos sólidos urbanos (C19), no entanto, é efectuada a separação de resíduos a reciclar (C21). Resultante das actividades de secretaria e gabinetes, os tinteiros, são geridos como produtos perigosos (C20), sendo separados para reciclagem apropriada para o efeito. Relativamente a fontes de ruído exterior (C22), os equipamentos são maioritariamente silenciosos, sendo os isolamentos aplicados adequados a tal situação. A poluição lumínica (C23) referente ao exterior do edifício é mínima, uma vez que na envolvente apenas existem pontos de iluminação nos pontos de passagem dos utilizadores e não existem zonas escuras a iluminar, sendo os parques de estacionamento exteriores. A envolvente é caracterizada por áreas verdes, pavimentos de cor clara e uma superfície com água.

Tabela 3- Avaliação da vertente cargas ambientais

A ++	A +	A	B	C	D	E	F	G	
									Área: Efluentes
									Critério 16: tipo de tratamento das águas residuais
									Critério 17: Caudal de reutilização de águas usadas
									Critério 18: Partículas e/ou sub. acidificante
									Área: Resíduos
									Critério 19: Produção de resíduos
									Critério 20: Gestão de resíduos perigosos
									Critério 21: Reciclagem de resíduos
									Área: Ruído exterior
									Critério 22: Fontes de ruído para o exterior
									Área: Poluição ilumino-térmica
									Critério 23: Efeitos térmicos e luminosos

- Em termos de conforto ambiental, o edifício tem características muito distintas, de piso para piso, procedendo-se à avaliação desta vertente em cada piso individualmente. O piso do rés-do-chão tem ventilação maioritariamente forçada, à excepção de um corredor, a entrada e o laboratório. Não existem materiais, que possam constituir fontes de emissão de compostos orgânicos voláteis (COV) (C24). Quanto ao conforto térmico (C25), este piso é frio durante a estação de aquecimento e fresco durante a estação de arrefecimento. As divisões deste piso têm fraca iluminação natural (C26), recorrendo-se à iluminação artificial independentemente do horário. Os níveis de ruído são satisfatórios, o que indica um bom isolamento acústico. Relativamente ao rés-do-chão, os diferentes locais estão munidos de diferentes equipamentos de acordo com as exigências de cada local: o laboratório encontra-se munido de ventiladores axiais de extracção e insuflação, as salas de apoio do laboratório têm ligação a uma unidade de tratamento de ar (UTA), enquanto os gabinetes possuem radiadores de aquecimento central. No 1º andar as salas de aulas são caracterizadas por locais sem iluminação e ventilação natural, sentindo-se muito frio na estação de aquecimento e muito calor na estação de arrefecimento. A iluminação e ventilação são conseguidas artificialmente, estando estas salas equipadas com sistemas de ar condicionado e equipadas com os devidos filtros. Relativamente ao 2º piso, este é caracterizado por boa iluminação natural e razoável ventilação natural, mas dada a sua

área de envidraçados, este piso torna-se muito frio na estação de aquecimento e muito quente na estação de arrefecimento, com fraco isolamento térmico e acústico da envolvente exterior. A envolvente do edifício possui grandes zonas verdes o que permite uma melhoria da qualidade de ar exterior.

Tabela 4 - Avaliação da vertente conforto ambiental relativamente ao rés-do-chão

A ++	A +	A	B	C	D	E	F	G	
									Área: Qualidade do ar
									Critério 24: níveis de qualidade do ar
									Área: Conforto térmico
									Critério 25: Conforto térmico
									Área: Iluminação e acústica
									Critério 26: Níveis de iluminação
									Critério 27: Isolamento acústico/ Níveis sonoros

Tabela 5 - Avaliação da vertente conforto ambiental relativamente ao 1º andar

A ++	A +	A	B	C	D	E	F	G	
									Área: Qualidade do ar
									Critério 24: Níveis de qualidade do ar
									Área: Conforto térmico
									Critério 25: Conforto térmico
									Área: Iluminação e acústica
									Critério 26: Níveis de iluminação
									Critério 27: Isolamento acústico/ Níveis sonoros

Tabela 6 - Avaliação da vertente conforto ambiental relativamente ao 2º andar

A ++	A +	A	B	C	D	E	F	G	
									Área: Qualidade do ar
									Critério 24: Níveis de qualidade do ar
									Área: Conforto térmico
									Critério 25: Conforto térmico
									Área: Iluminação e acústica
									Critério 26: Níveis de iluminação
									Critério 27: Isolamento acústico/ Níveis sonoros

- No que diz respeito à vivência sócia económica, quanto ao acesso a transportes públicos, este edifício tem acesso a menos de 500 m a várias linhas de autocarros e a 1 km de distância à estação ferroviária. Tem ainda na sua área envolvente, caminhos para circulação de bicicletas, estacionamento para estas e é possível percorrer vários trilhos a pé pelo campus da Universidade, assim como efectuar caminhadas junto às salinas. Relativamente ao acesso para todos, este edifício está dotado de acessos planos relativamente ao exterior, possui uma rampa para vencer o desnível do exterior na fachada principal para o nível mais baixo do rés-do-chão e acesso por elevador, nas duas extremidades do edifício, aos 3 pisos. Os corredores têm largura superior a 1,50 m e acesso a casas de banho para portadores de deficiências, em todos os pisos. No que se refere aos custos no ciclo de vida (C40), a escolha de equipamentos não teve em atenção a sua eficiência energética, no entanto, são possuidores de uma boa relação de qualidade/custo, tendo no entanto, de ser sujeitos periodicamente a alguma manutenção. No que diz respeito à flexibilidade e adaptabilidade de usos do edifício (C32), este embora possua divisões fisicamente bem definidas, as divisórias interiores no piso 2 e 3 foram executadas com recurso a gesso cartonado, sendo por isso facilmente removidas, dando a possibilidade de reorganização e adaptação dos espaços interiores. Está dotado de acessibilidade facilitada às tubagens e cablagens em tectos falsos, courettes e armários técnicos e aos seus mecanismos de controlo. É um edifício de serviço público, no qual existe actividade económica, através de produção intelectual e de serviços para o exterior (empresas, autarquias, e pessoas individuais), possuindo alguma dinâmica económica local (C32). É um criador de trabalho local (C33), quer no próprio edifício, como na área

circundante. Quanto às amenidades locais (C34), como referido, o edifício encontra-se situado no Campus da Universidade, que se encontra limitado pelas salinas da Ria de Aveiro, possui bastantes áreas verdes, poços e lagos artificiais. Dentro do próprio Campus tem-se acesso a várias cantinas, a agências bancárias, a uma estação de correios, bares, centro de cópias, agência de viagens, dois jardins-de-infância, biblioteca, livraria e papelaria, serviços médicos, restaurante e parafarmácia. Nas proximidades do Campus, isto é, a menos de 500 m, tem-se amenidades tais como o hospital, escola João Afonso de Aveiro (escola E.B. 2,3), Instituto da Juventude, Piscinas Municipais, Instituto Prisional, Restaurantes, Seminário, ISCA (Instituto Superior de Contabilidade de Aveiro), antigo estádio Mário Duarte, Estaleiro de teatro experimental e o edifício da fundação Calouste Gulbenkian, bem como o Parque da Cidade e a Baixa de Santo António. Os vários espaços verdes e a sua agradabilidade asseguram a acessibilidade e interação do edifício com a comunidade (C36). No que se refere à capacidade de controlo (C36), apenas algumas divisões possuem sistemas autónomos de controlo da luminosidade natural, de controlo do aquecimento (gabinetes), não tendo os utilizadores a possibilidade de controlar a temperatura nas divisões munidas de aquecimento central ou ar condicionado e de ventilação nas divisões em que esta é artificial. Foram implementadas logo na fase de concepção medidas de protecção/resistência à acção dos sismos, ventos, níveis freáticos elevados, bem como definidos materiais e sistemas construtivos resistentes, para serem aplicados quer interior quer exteriormente, cuja durabilidade é adequada às acções climáticas, humanas e fortuitas (C38). Relativamente às ameaças humanas (C39), o edifício está munido de videovigilância, dotado de segurança no interior do edifício das 17:30 à 20:00 h durante o período lectivo e da segurança permanente do Campus.

Tabela 7 - Avaliação da vertente socio-económica

A ++	A +	A	B	C	D	E	F	G	
									Área: Acesso para todos
									Critério 28: Acesso a transportes públicos
									Critério 29: Mobilidade de baixo impacto
									Critério 30: Acesso para todos - Soluções inclusivas
									Área: Diversidade económica
									Critério 31: Flexibilidade/ Adaptabilidade de usos
									Critério 32: Dinâmica económica local
									Critério 33: Trabalho local

Capítulo 4

A ++	A +	A	B	C	D	E	F	G	
									Área: Amenidades e interacção social
									Critério 34: Amenidades locais
									Critério 35: Acessibilidade e interacção
									Área: Participação e controlo
									Critério 36: capacidade de controlo
									Critério 37: condições de participação e governância
									Critério 38: Controlo de riscos naturais - Segurança
									Critério 39: Controlo de ameaças humanas
									Área: Custos no ciclo de vida
									Critério 40: Custos no ciclo de vida

- Em termos de **gestão ambiental e inovação** do edifício verificou-se que, as condições de utilização ambiental (C41) não foram cumpridas, não tendo sido distribuída aos utilizadores e responsáveis da manutenção, informações relativas aos aspectos ambientais, funcionamento de equipamentos e outras informações do edifício. Relativamente à gestão ambiental (C42), o edifício não dispõe de qualquer sistema de gestão ambiental, assim como para a inovação de práticas, soluções ou integrações.

Tabela 8 - Avaliação da vertente gestão ambiental e inovação

A ++	A +	A	B	C	D	E	F	G	
									Área: Gestão ambiental
									Critério 41: condições de utilização ambiental
									Critério 42: sistema de gestão ambiental
									Área: Inovação
									Critério 43: Inovação de práticas, soluções e integrações

O edifício obteve uma classificação global D, o que corresponde a uma avaliação superior á prática usual, embora que inferior á classificação atribuída para certificação e reconhecimento pelo sistema, dado que o reconhecimento é efectuado nas classes C a A, no ponto seguinte serão analisadas soluções a melhorar classificação das áreas com classificação mais baixa.

A avaliação da sustentabilidade do edifício segundo o sistema LiderA, foi efectuada com a colaboração da assessora LiderA, Maria Fernanda da Silva Rodrigues.

4.2. Soluções propostas

A construção sustentável só é possível através da implementação de soluções que permitam a obtenção de níveis de desempenho superiores aos conseguidos pela prática comum. No entanto, escolher as soluções que satisfaçam a dimensão económica, social e ambiental, na procura da sustentabilidade, requer uma análise segundo estas três dimensões.

No decorrer do desenvolvimento da avaliação segundo o LiderA, foram encontrados alguns problemas no edifício relativamente à sua sustentabilidade, os quais poderão ser sujeitos a uma efectiva melhoria.

De acordo, com a avaliação efectuada segundo o LiderA, verificou-se que os pontos em que o edifício necessita de uma maior atenção, são os relativos às áreas da energia, resíduos, qualidade do ar, conforto térmico, iluminação e acústica, água e gestão ambiental.

4.2.1. Água

A quantidade de água disponível para ser utilizada no planeta é finita, pelo que à medida que a população cresce, a água disponível *per capita* diminui. Com o crescimento da população em 1.8 biliões verificados a partir de 1970, a disponibilidade de água per capita diminuiu um terço. O consumo de água global a partir de 1980 mais do que triplicou, sendo estimado actualmente em 4340 km³ por ano. A procura de água em todos os sectores (doméstico, urbano, industrial e agrícola) cresceu exponencialmente, muitas vezes, devido à falta de gestão, uso excessivo e desperdício. Em muitos locais do globo, à medida que a água escasseia, as populações assistem ao aumento do seu custo, falta sazonal de água e à diminuição da sua qualidade (Mateus, Bragança, 2005).

Em Portugal, segundo dados relativos a 2003, o consumo de água abastecida pela rede pública foi pelo menos de 658 milhões de m³ segundo o Instituto Nacional de estatística (INE), repartidos maioritariamente pelo sector residencial e serviços (74%), em seguida pela indústria (15%) e 11% por outros sectores (Pinheiro, 2009).

É na perspectiva técnica que se encontram as intervenções mais importantes no domínio da racionalização do consumo de água, através de novas concepções dos aparelhos sanitários e dos dispositivos de utilização.

O desafio na água para a procura da sustentabilidade assenta na procura de redução do consumo de água potável. Assim, propõem-se, para este edifício, intervenções ao nível da redução de caudal, isto é, a implementação de redutores de caudal nas torneiras das casas de banho e nas torneiras existentes nos laboratórios.

São ainda consumidas consideráveis quantidades de água potável nas descargas de sanitas pelo que a implementação do sistema de dupla descarga fornece uma importante contribuição para a redução do consumo de água. Este sistema permite uma dosagem individual da descarga, funciona com três litros para "pequenas" e seis litros para "grandes necessidades". Em comparação com os actuais nove litros de descarga, o consumo de água pode ser reduzido até 60%.

Nos efluentes, as quantidades geradas de águas residuais é um aspecto importante, conseguido através de medidas de redução dos consumos e contaminantes. O tratamento destes é efectuado em ETAR, pelo Sistema Multimunicipal de Saneamento da Ria de Aveiro - SIMRIA. No entanto, a utilização sustentável da água pressupõe, não só uma estratégia de redução de consumos, mas também a capacidade de reutilizar águas. Deste modo, propõe-se para o edifício, a recolha de águas usadas nos lavatórios das casas de banho e nos lavatórios dos laboratórios (salvaguardando-se que as descargas de efluentes com qualquer substância contaminante não se efectua para a rede de drenagem de efluentes do edifício). Assim, dever-se-ia efectuar a separação das águas cinzentas das negras, assim como a recolha de águas pluviais, sendo aplicado a estas recolhas tratamento terciário (eliminação dos sólidos suspensos totais, eliminação de materiais orgânicos e desinfecção), a fim de ser reutilizada no sistema de abastecimento de águas do edifício, no que respeita ao abastecimento de autoclismos, lavagem de pavimentos e rega dos espaços verdes.

Foi lançado recentemente em Portugal um sistema de certificação hídrica pela ANQIP, Associação Nacional para a Qualidade das Instalações Prediais, tendo iniciado o processo pela certificação dos produtos, existindo hoje no mercado produtos com a rotulagem de eficiência hídrica (classes A a E). No âmbito da redução de consumos, todos os dispositivos a utilizar deverão estar certificados e rotulados nas letras A, A+ ou A++, das classes de eficiência

hídrica ANQIP. Preferencialmente deverão ser criadas, ao nível do projecto, condições para que possam ser utilizados apenas dispositivos das classes A+ ou A++, pelo que deverão ser atendidas, em particular, as especificações técnicas da ANQIP: ETA0802, ETA0803, ETA0804, ETA0805, ETA0806 e ETA0807.

O reaproveitamento das águas, conforme já foi referido, deverá ser feito de acordo com a Especificação Técnica ANQIP ETA0701. Atendendo a que existe uma Certificação ANQIP (de acordo com a ETA0702) para a Certificação de Sistemas de Aproveitamento de Águas Pluviais, justificada por razões técnicas de conforto e de saúde pública, entende-se que deve ser considerada como obrigatória num sistema de certificação dos edifícios.

4.2.2. Energia

As emissões produzidas pelos combustíveis fósseis usados para satisfazer as crescentes necessidades energéticas a nível global, estão a provocar alterações climáticas perigosas no planeta.

Vários cientistas têm vindo a alertar para o facto das temperaturas globais poderem aumentar de um mínimo de 1,4°C (se as emissões de CO₂ estabilizarem rapidamente) a um máximo de 5,8°C, caso não se tomem medidas imediatas no sentido de se controlar as emissões poluidoras.

É urgente intervir para alcançar um novo equilíbrio que esteja em harmonia com o ambiente e respeite os direitos das gerações futuras. É necessário modificar e reduzir o consumo de energia, por motivos éticos e sociais, estratégicos e por motivos económicos.

A melhoria da eficiência energética de um edifício consegue-se através de medidas de melhoria de desempenho térmico da sua envolvente, da utilização de sistemas de iluminação e aquecimento mais eficientes e do recurso a energias renováveis.

Relativamente à envolvente, as soluções a sugerir caso o edifício se encontra se em fase de projecto, seriam:

- a abertura de vãos nas salas do primeiro andar, o que permitiria uma melhor ventilação diminuindo a necessidade de ventilação e iluminação artificial (esta medida apesar da sua

importância, dada a complexidade da sua execução, não vai ser considerada na reavaliação efectuada no ponto 7.1 e na avaliação financeira efectuada no capítulo 6.

- para garantir a boa qualidade do ar interior, a taxa de ventilação natural poderia ser aumentada no 2º andar, com um novo sistema de caixilharia que permitisse uma maior área de penetração do ar. Dependendo do tamanho e função dos espaços, poderiam dispensar-se assim, ventilações mecânicas, diminuindo a dependência energética e aumentando a qualidade do ar no interior do edifício, uma vez que o sistema de ventilação natural constitui uma mais-valia para a sustentabilidade do edifício;

- ao nível geral do edifício sugeria-se uma melhoria da qualidade da caixilharia, que poderia ser substituída por uma caixilharia de corte térmico com possibilidade de maiores áreas de abertura, para uma ventilação natural mais eficiente e controlada. A juntar a esta solução sugeria-se ainda a substituição dos vidros existentes por vidros com melhor classificação térmica, dada a área de vãos envidraçados ser bastante significativa em alguns compartimentos do edifício, exigindo assim que este tenha um comportamento térmico mais eficiente;

- o conforto acústico interior poderia ser melhorado através do emprego de materiais de isolamento mais densos. A opção proposta seria a melhoria do isolamento com isolamento em aglomerado negro de cortiça com fibra de coco, para melhorar o isolamento ao ruído interior do edifício; para a diminuição do ruído exterior a melhoria da caixilharia e vidro já referidas anteriormente, deveria incluir um melhor isolamento ao ruído proveniente da área exterior ao edifício.

- ao nível da cobertura, seria aconselhável ter-se colocado um revestimento em cor clara (branca).

No entanto, dadas as dificuldades técnicas e económicas de implementação destas medidas, na fase de utilização e exploração do edifício, não serão englobadas nas soluções propostas.

A englobar nas soluções propostas para as intervenções da envolvente, há o sombreamento exterior das janelas das divisões orientadas a nordeste e sudoeste, com estores exteriores reguláveis, para um melhor controlo dos factores de iluminação e conforto térmico (na estação de arrefecimento) e a incorporação de estores interiores automáticos que recolham

consoante a diminuição de iluminação exterior de modo a diminuir as perdas de calor do interior, durante a estação de arrefecimento.

Relativamente à iluminação e respectivos equipamentos, existem hoje no mercado uma oferta muito vasta de equipamentos de iluminação que permitem poupar energia eléctrica. Os LEDs são disso exemplo, quando comparados com a maioria das lâmpadas existentes. As únicas comparáveis ao seu desempenho, serão as lâmpadas fluorescentes compactas, com vantagem para os LEDs em termos de longevidade. A opção por equipamentos classificados com classe energética A é também um factor de redução de consumos energéticos. Assim, propõe-se a substituição dos equipamentos existentes por equipamentos mais eficientes energeticamente, recorrendo-se á tecnologia LED, no que diz respeito a monitores e lâmpadas, tendo em conta que este tipo de tecnologia implica diminuições de consumo bastante significativas.

Relativamente ao recurso a energias renováveis, propõe-se a adopção de energia fotovoltaica para produção de energia eléctrica, uma vez que o edifício possui extensa área de cobertura completamente desobstruída, onde podem ser localizadas as placas e painéis fotovoltaicos, sem nenhum prejuízo para a arquitectura.

Embora a geotermia, com recurso a bombas geotérmicas para a sua exploração, seja uma boa opção para efectuar o aquecimento/arrefecimento do edifício e o aquecimento de águas sanitárias (substituindo a caldeira existente e eliminando poluentes do ar interior), permitindo ganhos energéticos, reduzindo o consumo de energia do edifício e tendo um largo impacto positivo sobre o ambiente, comparado com o recurso a energias convencionais. Porém, dadas as características climáticas de Aveiro (com baixas amplitudes térmicas e temperaturas amenas), afigura-se que não se justifica a sua proposta, dado os seus custos de implementação (furos geotérmicos e todo o equipamento associado).

4.2.3. Resíduos

Relativamente aos resíduos, as estratégias devem assentar numa lógica, desde logo, de redução, de separação dos vários tipos de resíduos e fomento da possibilidade de serem reutilizados ou reciclados, após o que então, deverá se equacionado o destino final, assegurando o conceito dos 4 R's – Reduzir a produção, Reutilização, Reciclar ou Recuperar materiais e energia.

Neste caso, propõe-se a educação e a sensibilização dos ocupantes para produzirem menos resíduos, como no caso do laboratório a devolução das embalagens ao fornecedor, o incentivo à separação e reciclagem de resíduos, para o que deveria ser colocado em cada piso um recipiente para a separação de resíduos (papel, plástico, lixo orgânico). No piso de entrada deveria ainda ser colocado um recipiente para recolha de pilhas, sendo estas encaminhadas para sistemas próprios de reciclagem.

Propõe-se também, conforme descrito anteriormente em 3.2.1 a reutilização de águas da chuva e águas cinzentas provenientes dos efluentes do edifício.

Embora neste edifício seja escassa a existência de produtos que possam ser designados perigosos, a gestão de resíduos perigosos assenta na selecção dos materiais e suas embalagens, tendo também em consideração a produção reduzida de resíduos perigosos, suas condições para armazenamento e destino adequado e cuidado. Assim, propõe-se que deva ser assegurado um espaço específico dedicado ao armazenamento de resíduos perigosos, como por exemplo lâmpadas e produtos de limpeza.

Para minimizar a utilização de produtos nocivos para o ambiente, propõe-se o uso de papel higiénico e papel de impressão reciclado e o uso de produtos de limpeza biodegradáveis, com rótulo ecológico, como por exemplo os produtos das marcas Starwax e Ecover.

4.2.4. Qualidade do ar

A qualidade de ar interior pode ser definida como o grau de cumprimento dos requisitos de saúde (poluentes) e de conforto (temperatura, humidade, odores, fluxos de ar), incluindo a percepção da qualidade de ar interior. A qualidade do ar no interior dos edifícios é um dos factores básicos do conforto dos utilizadores, influenciando também a sua saúde, sendo um dos factores com maiores repercussões na vida dos ocupantes dos edifícios.

Os problemas de saúde resultantes da poluição do ar interior são um dos maiores problemas ambientais relacionados com as actividades nos edifícios, tendo sido já desenvolvido o conceito de edifício doente, ao qual se associou o Síndrome dos Edifícios Insalubres. Estes edifícios são caracterizados principalmente pelo seu ar seco e pouco renovado, com variações de temperatura por área e com correntes de ar locais que transportam partículas e microrganismos. Os sintomas comuns nos utilizadores destes edifícios consistem em irritação

nos olhos, nariz e garganta, reacções de hipersensibilidade, dor de cabeça, fadiga mental, redução da capacidade de concentração, perda de memória, náuseas, vômito, intoxicação, irritações de pele, problemas respiratórios, contracção de cancro e de danos cerebrais.

Para além das repercussões nos ocupantes, a qualidade do ar também tem influência no rendimento e duração dos equipamentos e maquinaria existentes nos edifícios.

Providenciar um ambiente interior saudável constitui assim um aspecto fundamental. Nesse sentido é necessário proceder-se a modificações neste âmbito no edifício, sendo necessário complementar a ventilação mecânica com a ventilação natural ou aumentar esta.

A Qualidade do Ar Interior deve, assim, ser avaliada periódica e sistematicamente, com o objectivo de garantir níveis mínimos de qualidade.

No espaço exterior envolvente ao edificado, de onde provém o ar que assegura a renovação de ar interior, deverá criar-se uma zona de vegetação de modo a melhorar a qualidade do ar.

4.2.5. Conforto térmico

A qualidade geral no interior do edifício é fundamental para um aumento de qualidade de vida dos seus habitantes. O conforto térmico interior é cada vez mais impulsionador da implementação de medidas que visam a sua melhoria. O conforto térmico é um dos parâmetros com maior expressão e com consequências no bem-estar dos ocupantes e nos gastos energéticos de um edifício (por exemplo, a alteração de 1°C na temperatura de projecto de um sistema de aquecimento implica variações de consumo energético na ordem dos 10% (ACE et al., 2001). Um bom exemplo das inúmeras medidas que visam manter o conforto térmico no interior é através das medidas solares passivas.

Dada a forte relação do conforto térmico com o dispêndio de energia, as soluções para o conforto térmico serão também soluções no âmbito da eficiência energética. Assim, as soluções propostas no âmbito do conforto térmico fazem parte das propostas referidas para a energia. O sombreamento exterior das janelas das divisões orientadas a nordeste e sudoeste, com estores exteriores reguláveis, para um melhor controlo dos ganhos solares e a incorporação de estores interiores automáticos que sejam accionados consoante a diminuição de iluminação exterior, de modo a diminuir as perdas de calor durante a noite, durante a estação de aquecimento, poupando-se assim energia de aquecimento.

4.2.6. Iluminação

A pertinência do uso da iluminação natural baseia-se principalmente na necessidade básica do ser humano de ter uma ligação com a luz do Sol, fonte primária de energia e geradora de vida. A luz natural proporciona inúmeros benefícios aos seres humanos e tem sido associada à satisfação e ao bem-estar dos utilizadores, influenciando o seu estado psicológico, emocional e a sua saúde na globalidade. Estas influências da luz podem resultar em aumento da produtividade, em ambientes de trabalho mais confortáveis, no bom desempenho dos alunos nas escolas e na redução do consumo de energia.

Devido ao exposto e ao grande potencial de economia de energia, quando proporcionado o correcto aproveitamento da luz natural, deve esta ser utilizada como estratégia na procura da sustentabilidade das edificações.

Embora a iluminação natural seja bastante boa no 2º andar do edifício, tal não se verifica no 1º andar e no rés-do-chão, o que deverá ser melhorado, apesar do edifício já estar na fase de exploração, através da abertura de vãos nas salas de aula e salas de estudo do 1º andar.

A iluminação artificial de um espaço está intimamente relacionada com as suas dimensões, reflectância das superfícies interiores e com a actividade que nele se desenvolve.

O consumo de electricidade na iluminação tem vindo a aumentar substancialmente nos últimos anos devido, principalmente, à construção de habitações com maiores áreas e à utilização de maior número de pontos de luz e de equipamentos. Um sistema de iluminação efectivo e eficiente deverá assegurar um elevado grau de conforto visual, assegurar um nível de iluminação adequado à actividade, possibilitar o controlo da iluminação dos espaços por zonas e possuir baixo consumo energético. Neste âmbito, propõe-se o seccionamento das luminárias das salas de aula, para que o nível de luz seja controlado conforme as necessidades das actividades desenvolvidas, que exista iluminação localizada nos gabinetes, para que incida um maior fluxo luminoso sobre os planos de trabalho (secretárias).

4.2.7. Gestão ambiental

Os Sistemas de Gestão Ambiental são uma forma de integrar as preocupações ambientais na gestão global dos edifícios. A gestão dos aspectos ambientais efectuados, através da informação dos agentes, ou através de sistemas de gestão, são um modo de assegurar a

consistência e concretização dos critérios e soluções, com reflexos positivos no desempenho ambiental, na dinâmica de controlo e melhoria contínua ambiental do edifício e na promoção de inovações.

A monitorização será um aspecto fundamental a ser considerado para que se possam objectivamente obter conclusões relativamente às medidas aplicadas, no sentido da melhoria do desempenho ambiental, bem como dos aspectos económicos e sociais, considerando a viabilidade económica do edifício e a satisfação dos utilizadores. Propõe-se assim, a monitorização dos consumos de água e electricidade, produção de resíduos e da qualidade de ar. Os sistemas de monitorização de energia permitem controlar os resultados de desempenho energético dos edifícios, mas também potenciam bons comportamentos, na medida em que tornam perceptível a quantificação dos fluxos energéticos contabilizados. Esta quantificação precisa de ser associada a metas de desempenho para se poder distinguir o bom do mau desempenho e poder tornar-se, por si só, um instrumento motivador para que os utilizadores contribuam para a optimização do desempenho energético do edifício que utilizam. Para que os utilizadores finais colaborem é, no entanto, necessário que se identifiquem com as metas de desempenho estabelecidas. A comunicação das metas de desempenho e a integração da expressão individual e colectiva dos utilizadores nestas metas, que servirão de referência para o bom desempenho, fará com que as mesmas possam influenciar todos os actos regulares que decorrem da rotina diária dos utentes do edifício. A integração de sistemas de monitorização de energia permite que exista um maior controlo da quantidade de recursos energéticos utilizados, permitindo também aferir de forma contínua e de controlar o desempenho energético dos edifícios. A monitorização contínua é efectuada pela presença de um “display” dinâmico no hall de entrada de cada edifício, que comunica, de forma didáctica, o equilíbrio entre a oferta e a procura de energia no edifício, comparando-o com o objectivo de desempenho optimizado, mas que também indica quais as práticas à escala do edifício que carecem de melhoria.

Segundo o RSECE a verificação da qualidade de ar interior deve ser efectuada para o tipo de edifício em questão com uma periodicidade de 2 anos, devendo a manutenção higiénica e técnica dos equipamentos de climatização ser efectuada regularmente, inserida nos planos preventivos de manutenção, propostos para correcta e eficiente utilização dos equipamentos.

Para facilitar as boas práticas é também importante disponibilizar Manuais de Utilização aos utilizadores e aos gestores do edifício. Propõe-se assim a disponibilização deste manual em

formato digital no espaço do departamento na Internet, assim como serem efectuadas sessões periódicas de sensibilização dos utentes do edifício, para as preocupações ambientais e de esclarecimento das medidas de prevenção ambiental a ter no dia-a-dia.

4.3. Concepção do sistema de recolha de águas pluviais e residuais

O tratamento em conjunto das águas pluviais e residuais cinzentas é vantajoso, uma vez que as águas pluviais nos meses seguintes a Maio, serão mais raras e apenas consistem num reforço de "stock" de água, mas contribuem para a diluição dos detergentes e outros produtos nas águas cinzentas e, o carvão existente nas águas pluviais devido à poluição da cobertura, absorve químicos nocivos, limpando a água do último tanque.

O tratamento indicado para o caso de estudo será o tratamento ultravioleta (UV) para extermínio de bactérias e vírus. Um sistema gota-a-gota de cloro não está fora de hipótese para este tratamento das águas.

A rede das águas pluviais terá de ser executada segundo as especificações técnicas da ANQIP ETA0701, e deverão juntar-se às águas residuais cinzentas num ponto anterior ao reservatório.

Segundo a Especificação Técnica ANQIP ETA0701 recomenda-se a instalação de um dispositivo de funcionamento automático para desvio do escoamento inicial (*first flush*). O volume a desviar pode ser determinado com base em critérios de tempo ou com base na área da cobertura e numa altura de precipitação pré-estabelecida, que poderá variar entre 0,5 e 8,5 mm, conforme as condições locais.

No referido caso de estudo, dada a ausência de dados ou de estudos das condições locais, considera-se o desvio de um volume correspondente a 2 mm de precipitação, podendo ser adoptado um valor inferior para casos justificados. O volume a desviar (V_d) é dado pela equação 10:

$$V_d = P \times A \quad (10)$$

$$V_d = 2 \times 876,96 = 1753,92 \text{ l} = 1,75 \text{ m}^3$$

sendo, P a altura de precipitação admitida para o *first flush* (mm), tendo sido considerado para esta situação, 2 mm e A a área de captação (m^2).

O dimensionamento dos reservatórios deve ser efectuado segundo os critérios económicos, técnicos e ambientais, considerando sempre as boas práticas de engenharia. O dimensionamento deve ter em atenção que o volume total (V_t), pode ser significativamente superior ao volume útil (V_u), uma vez que o volume morto e a profundidade da boca de captação são uma significativa percentagem do volume total. Deve ainda ter-se em atenção que não devem ser considerados períodos de reserva de água na cisterna superiores a 30 dias, sendo que alguns métodos, tais como, o Método Alemão, adoptam valores inferiores, da ordem das três semanas. No caso de estudo presente, visto que se trata de um edifício de serviços e com consumos relativamente uniformes ao longo do tempo, pode-se utilizar para cálculo do volume útil, o Método Alemão. Este método é baseado no volume anual aproveitável (V_a) e nos consumos anuais estimados (C_e) e considera o valor mínimo destes, e um período de reserva de três semanas. Segundo este método, o volume útil deve ser, no mínimo (equação 11):

$$V_u = \min\{V_a, C_e\} \times 0,06 \quad (11)$$

O volume anual de água da chuva a aproveitar pode ser determinado pela equação 12:

$$V_a = C \times P \times A \times \eta_f \quad (12)$$

sendo, V_a o volume anual de água da chuva aproveitável (litros), C o coeficiente de *run off* da cobertura, P a precipitação média acumulada anual (mm), A a área de captação (m^2) e η_f a eficiência hidráulica da filtragem.

O valor do coeficiente de *run off* da cobertura (C) utilizado no projecto dos sistemas de aproveitamento de águas pluviais deve ter em conta as retenções, absorções e desvios de águas, sendo recomendado valores de 0,8 para coberturas impermeáveis (telha, cimento, asfalto, etc.), 0,6 para coberturas planas com grilha, 0,5 para coberturas verdes extensivas (com uma camada de profundidade média, permitindo plantar árvores e arbustos) e 0,3 para coberturas verdes intensivas (com uma camada de crescimento fina, adequada para flores e ervas). Na situação de estudo, o edifício possui cobertura impermeável, adoptando-se por isso o valor 0,8 para o coeficiente de *run off* da cobertura (C).

Pode ser admitida uma eficiência hidráulica (η_f) de 0,9, no caso em que filtros têm manutenção e limpeza regulares, excepto se as características do sistema recomendem a adopção de outro valor.

$$V_a = 0,8 \times 1200 \times 876,96 \times 0,9 = 757 \text{ m}^3$$

Os consumos da rede de aproveitamento de água pluvial serão efectuados em rega da área verde adjacente ao edifício e na lavagem de pavimentos do laboratório, correspondendo a consumos de 60 l/m² e 5 l/m²/dia respectivamente. Sendo o espaço verde adjacente ao edifício de uma área aproximada de 1750 m², o consumo estimado para este tipo de utilização será de 105 000 litros e, sendo a área do laboratório de 511,2 m², uma vez que se efectua a lavagem deste pavimento semanalmente, o que resulta em 52 dias por ano, ou seja um consumo anual de 132 912 litros. Relativamente aos autoclismos de dupla descarga, o consumo anual será de 6 l/ocupante/dia. Para o cálculo do número de ocupantes, se se considerasse a área útil do edifício de grandes dimensões, obter-se-iam valores sobredimensionados não correspondendo à realidade. Optou-se assim, por calcular a ocupação do edifício através do número de frequência média da ocupação das suas divisões, conforme apresentado na tabela 9. O número de dias de utilização do edifício em estudo é de 261 dias por ano, segundo o Quadro VI.2 do Decreto-lei 80/2006, de 6 de Abril. De acordo com estes pressupostos, obteve-se um consumo anual relativo às descargas de autoclismo de 753 m³.

Tabela 9 – Cálculo da ocupação média do edifício por divisões

Unidades	Divisão	Ocupação média	Total
10	Salas de aula	30 pessoas	300
22	Gabinetes individuais	1 pessoa	22
3	Gabinetes de grupo	8 pessoas	24
3	Salas de estudo	30 pessoas	90
1	Laboratório	20 pessoas	20
1	Sala de reuniões	10 pessoas	10
1	Secretaria	5 pessoas	15
Total de ocupantes			481 pessoas

O valor para os consumos anuais estimados é obtido através da equação 13:

$$C_e = 105\,000 + 753\,246 + 132\,912 = 991 \text{ m}^3 \quad (13)$$

O volume de águas cinzentas a reutilizar será o volume de consumos das torneiras, estimado em 3700 litros por pessoa anualmente (14 l/ocupante /dia).

Inserindo o volume de águas cinzentas a reutilizar no cálculo do volume útil (V_u) (equação 15) do reservatório, obtêm-se o volume de aproveitamento total ($V_{a,total}$), dado pela equação 14:

$$V_{a,total} = 1\,779\,700 + 757\,693 = 2\,537\,393 \text{ m}^3 \quad (14)$$

$$V_u = \min\{2\,537\,393 ; 991\,158\} \times 0,06 = 59 \text{ m}^3 \quad (15)$$

Sendo o volume total superior ao volume útil e tendo em conta os tamanhos das cisternas comercialmente disponíveis, a capacidade de volume da cisterna será de 60 000 litros.

Capítulo 5 – Simulação térmica do edifício com o software EnergyPlus/DesignBuilder

5. SIMULAÇÃO TÉRMICA DO EDIFÍCIO COM O SOFTWARE ENERGYPLUS/DESIGNBUILDER

A simulação de edifícios pode ser definida como a introdução das características do edifício que, com um certo grau de abstracção, representem a realidade. Como um edifício é composto por milhares de variáveis, é necessário apenas representar as mais importantes e simplificar ou não introduzir as de menor importância (Silva, 2006).

Assim, para simular a realidade utilizando ferramentas de simulação é necessário executar três tarefas:

- criação do modelo – nesta fase é executado uma representação esquemática do edifício (modelo) numa dada fase, a partir da redução deste a uma forma idealizada, com um dado nível de abstracção;
- simulação – nesta fase é caracterizado o modelo na ferramenta de simulação e ajustada a ferramenta de modo que os resultados obtidos reflectam o que se pretende avaliar;
- análise de resultados – nesta fase são analisados todos os resultados obtidos pela ferramenta de simulação, de forma a produzir os indicadores de performance que se pretende quantificar.

5.1.Criação do modelo



Figura 2 – Edifício de estudo, Departamento de Engenharia civil; Universidade de Aveiro (DesignBuilder)

O programa DesignBuilder permite a importação de ficheiros de desenho 2D executados com o programa AutoCad, de modo que, com base nos desenhos de AutoCad do Projecto de Arquitectura do Edifício, foram exportados para o programa, as plantas referentes aos três pisos do edifício. Após a definição de pontos referenciais sobre as plantas, elabora-se de forma geométrica (3D) simples, a criação de blocos principais, segundo as diferentes áreas/espacos do edifício. Para o caso de estudo foram criados 6 blocos principais:

Bloco 1: laboratório constituído por dois pés direitos;

Bloco 2: gabinetes e salas anexas ao laboratório e corredor de acesso à entrada traseira do edifício;

Bloco 3: hall de entrada, instalações sanitárias, secretaria, gabinetes e sala de reuniões do piso 0;

Bloco 4: sala dos alunos de Design;

Bloco 5: sala de aulas, salas de estudo e corredor de circulação do piso 1;

Bloco 6: piso 3.

Após a definição dos blocos, insere-se as paredes interiores, a localização de janelas, envidraçados, portas, aberturas, caixas de escadas, caixas de elevadores e outros elementos construtivos. A criação das diferentes zonas do edifício foi gerada automaticamente pelo programa, segundo vários critérios, como por exemplo, as exigências de qualidade de ar, temperaturas e humidade, exposição ao ambiente exterior e orientação, assim como o diferencial térmico relativamente às zonas contíguas.

5.2.Execução da simulação

Uma vez o modelo definido geometricamente, define-se a orientação do edifício, relativamente ao norte geográfico e definem-se os materiais e soluções construtivas dos elementos. Neste caso, definiram-se as soluções construtivas da cobertura, paredes interiores, paredes exteriores, vidros, uma vez que já são conhecidos através do projecto de AVAC dos edifícios os valores dos coeficientes de transmissão térmica (U):

Tabela 10 - valores dos coeficientes de transmissão térmica (U) referentes aos elementos construtivos do edifício

Elemento construtivo	U ($\text{W}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{C}^{-1}$)
Paredes exteriores	0,7
Paredes interiores	2
Cobertura (Inverno)	0,85
Cobertura (Verão)	0,9
Vidros duplos	3,6

Para a potência de iluminação, que também se encontra definida, considerou-se uma potência de 20 W/m^2 .

Relativamente à caracterização climática, por simplicidade e proximidade, considerou-se a localização em Coimbra, uma vez que o programa já contém arquivos climáticos do *Meteornorm* (temperaturas, humidades, densidade do ar, direcções do vento, radiação directa, indirecta e difusa), referentes a esta localidade. Seguidamente, inserem-se os diferentes tipos de actividades, a ocupação do edifício de acordo com o Quadro XXVII da Portaria n.º 1532/2008 de 29 de Dezembro, o número anual de dias de utilização do edifício segundo o Quadro VI.2 do Decreto de lei n.º 80/2006 e tipo de janelas (com ou sem estores exteriores). Os sistemas de AVAC e outros valores a inserir foram definidos segundo o template do programa para o tipo de edifício em estudo.

5.3. Análise de resultados

Depois da introdução dos dados acima indicados no software Designer Builder, obtiveram-se os resultados apresentados na Figura 3:

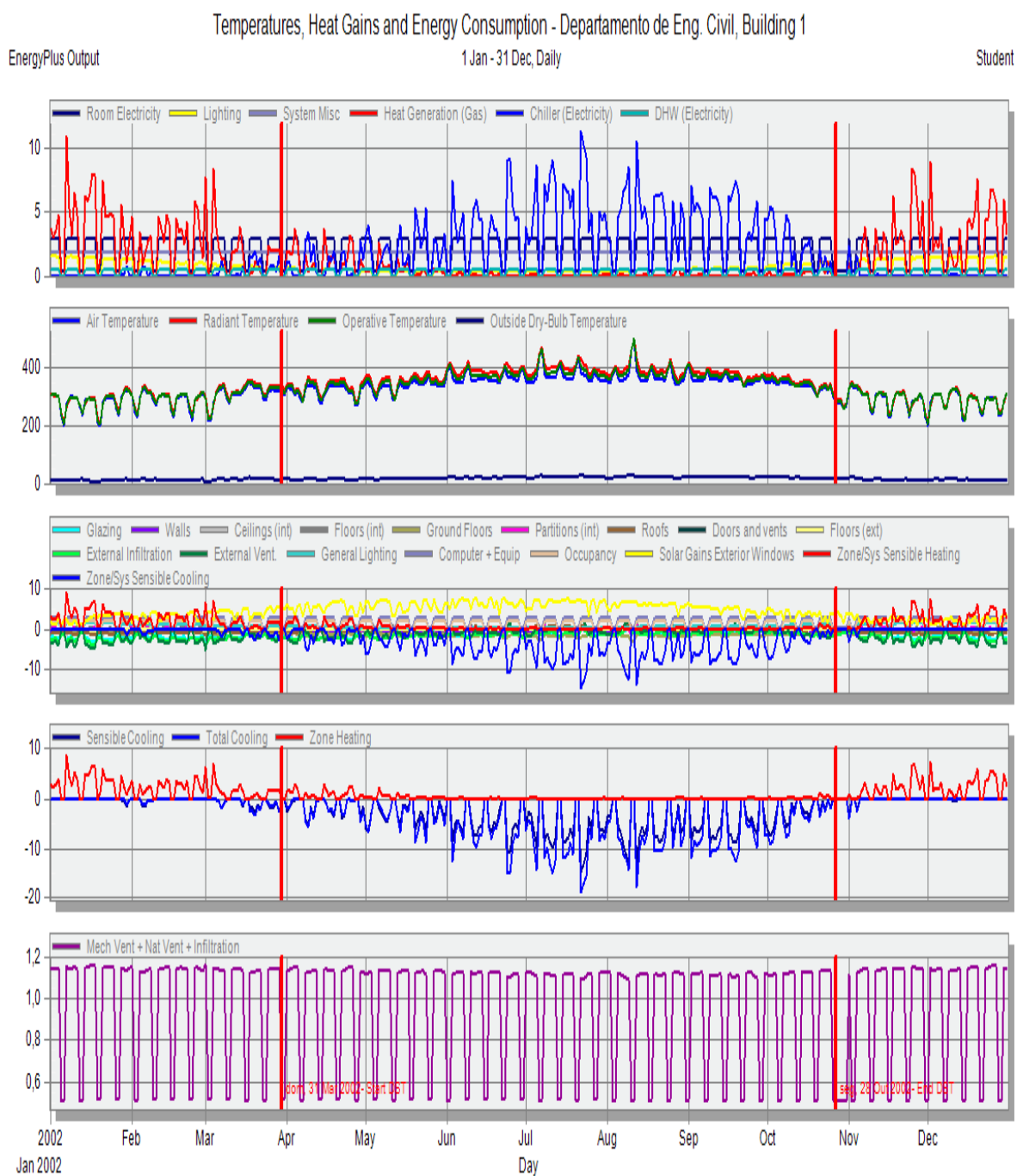


Figura 3 – Gráfico de a) consumos de energia, b) temperaturas, c) ganhos de calor para o edifício em estudo (DesignBuilder)

Pela análise dos gráficos obtidos por simulação, apercebe-se que o edifício tem algumas deficiências energéticas, pois apresenta uma grande variação de temperaturas ao longo do ano, além de acompanhar as subidas e descidas das temperaturas interiores, conforme as variações de temperaturas exteriores, o que demonstra uma deficiência visível no isolamento. Pela análise do gráfico de consumos de energia, ganhos de calor e temperaturas para o edifício em estudo da Figura 3, verifica-se também que os ganhos internos são essencialmente através do aquecimento do edifício por radiação solar incidente nos envidraçados.

O edifício apresenta no 2º andar, grandes vãos envidraçados do tipo vidro duplo e caixilharia metálica sem protecção, o que origina grandes ganhos solares durante o Verão, aumentando a temperatura interior e perdas do calor interior no Inverno, diminuindo a temperatura interior.

Efectuou-se no entanto um estudo mais aprofundado relativamente às zonas, analisando o balanço energético e o conforto térmico, para as exposições mais críticas, estas zonas situadas no 2º andar do edifício com orientação nor-nordeste (NNE) e su-sudoeste (SSO), respectivamente a zona 33, sala de gabinete colectivo e a zona 1, sala de estudo, conforme se apresenta a localização no Anexo B. Tendo-se considerado para este estudo duas situações:

situação 1: o edifício sem aplicação de soluções (situação existente);

situação 2: o edifício com a aplicação de estores exteriores nos envidraçados das zonas em estudo.

Para ambas as situações foram obtidos os gráficos relativos aos ganhos internos e ao nível de conforto (figura 4 a 8).

Após a aplicação da solução referida, quer a nível de ganhos internos que a nível de conforto, conforme se pode verificar nos gráficos (Figura 4 a 8) as variações apresentadas são insignificantes, embora haja uma diminuição de horas de desconforto e diminuição dos ganhos internos durante os meses de arrefecimento. Tal constatação sugere que deveriam ser aplicadas outras soluções de melhoria de modo a obter-se diminuições mais significativas, tais como, a modificação da área de superfície envidraçada, o tipo de caixilharia ou o tipo de vidro.

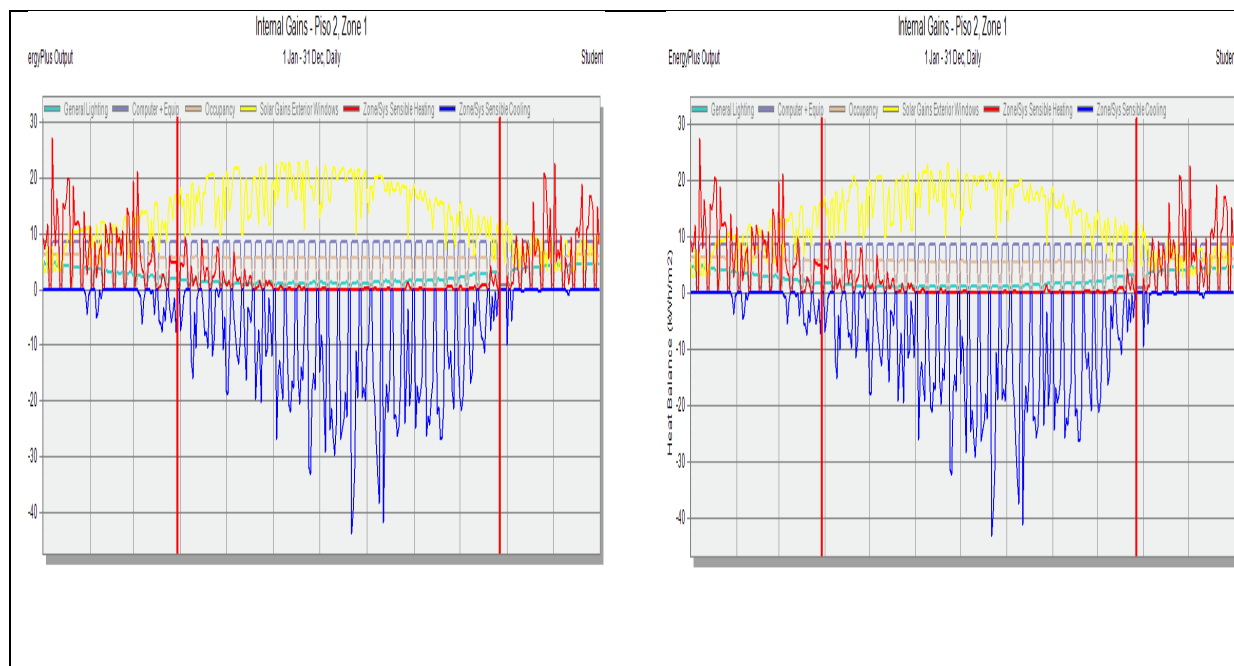


Figura 4 – Gráficos de ganhos internos da divisão com superfície envidraçada orientada a nor-nordeste (NNE) relativos às situações 1 e 2 (Design Builder)

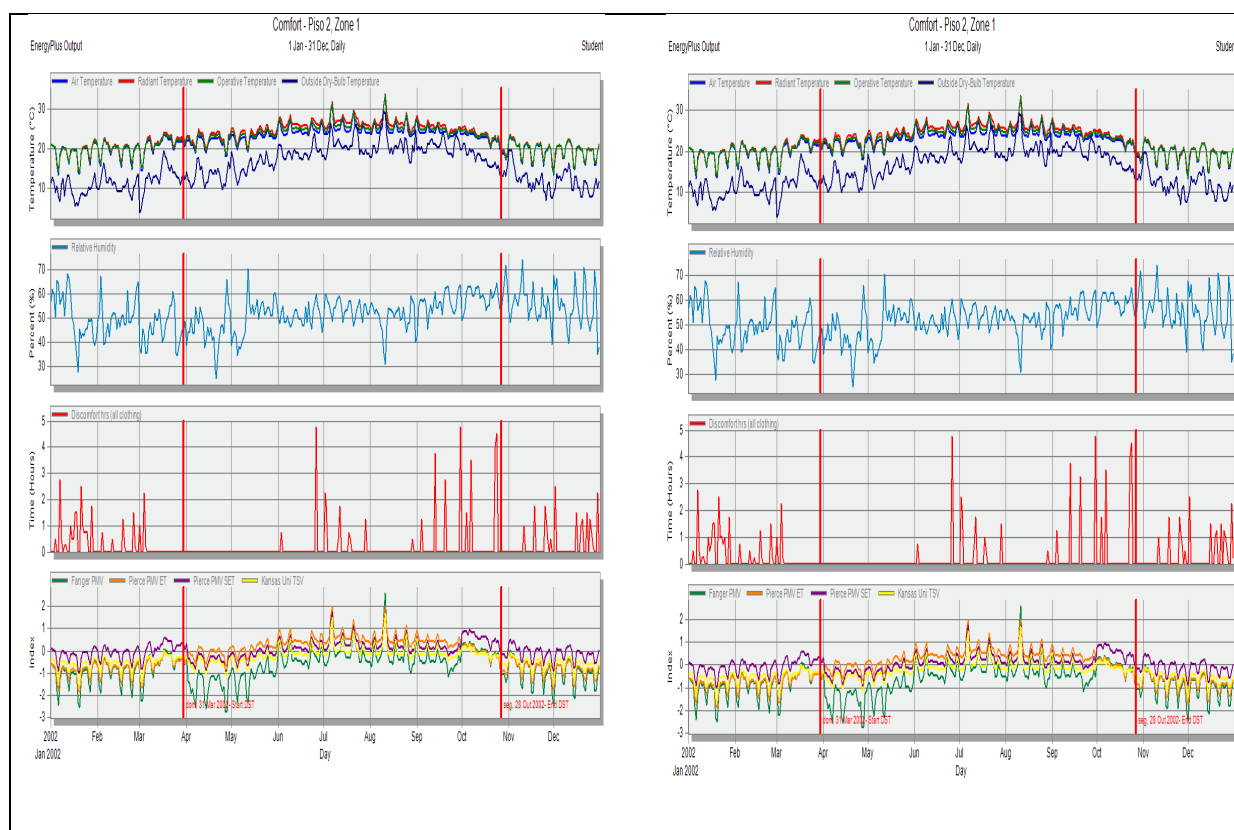


Figura 5 – Gráficos relativos ao nível de conforto da divisão com superfície envidraçada orientada a nor-nordeste (NNE) relativos às situações 1 e 2 (Design Builder)

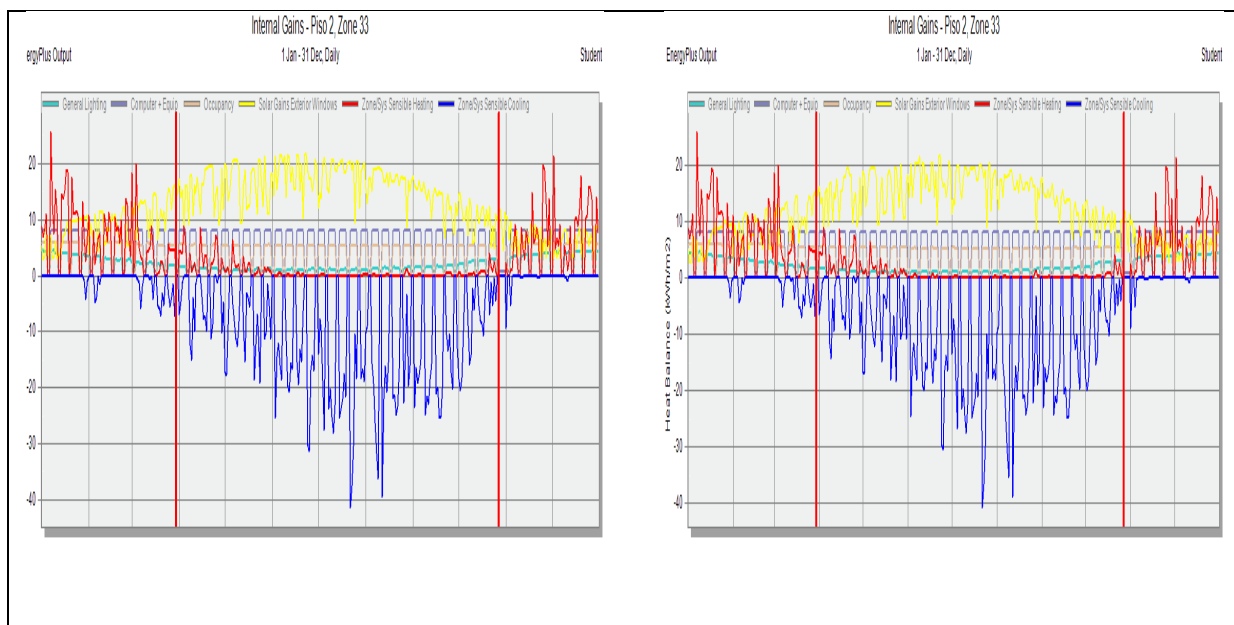


Figura 6 – Gráficos de ganhos internos da divisão com superfície envidraçada orientada a nor-sudoeste (SSO) relativos às situações 1 e 2 (Design Builder)

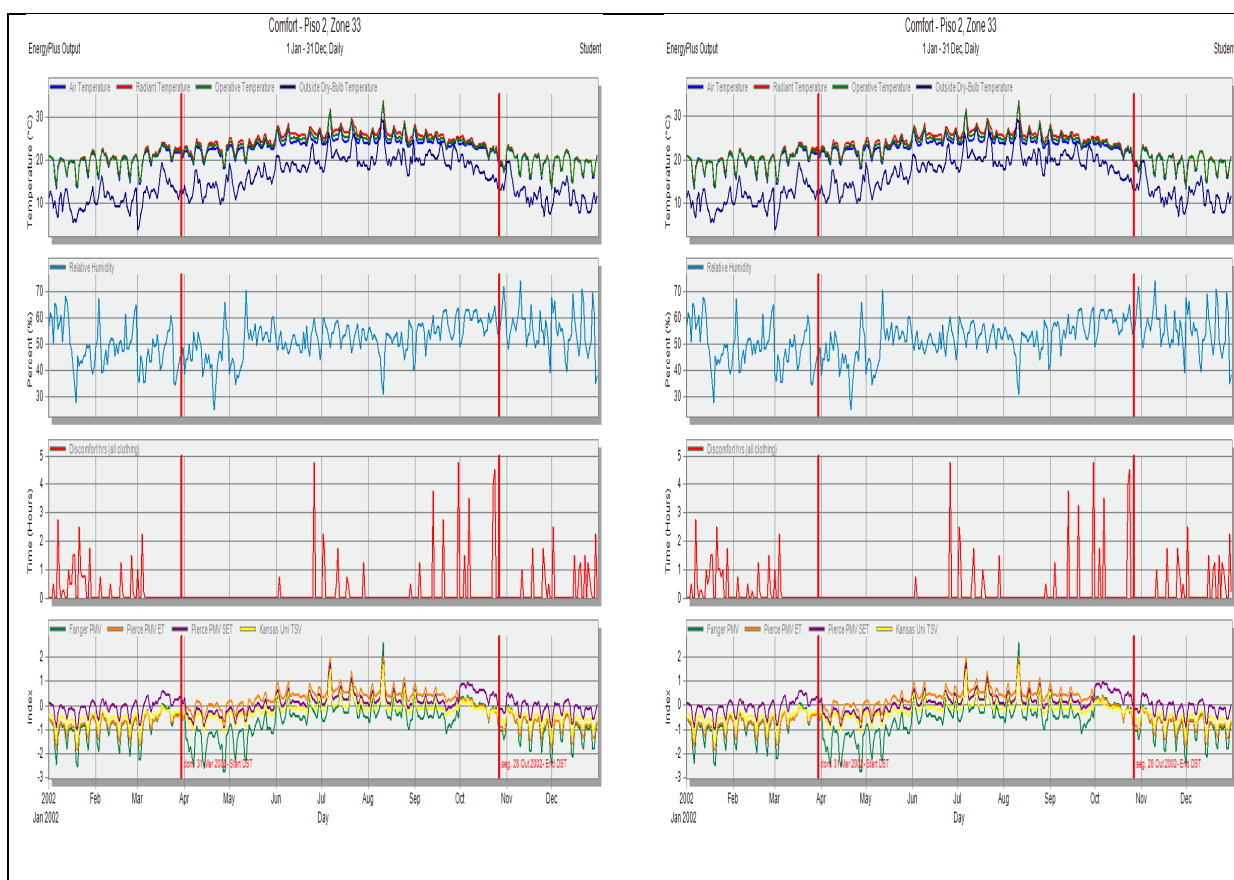


Figura 7 – Gráficos relativos ao nível de conforto da divisão com superfície envidraçada orientada a su-sudoeste (SSO) relativos às situações 1 e 2 (Design Builder)

Capítulo 6 –

Avaliação do DeCivil segundo LiderA após

aplicação das soluções

6. AVALIAÇÃO DO DECIVIL SEGUNDO LIDERA APÓS APLICAÇÃO DAS SOLUÇÕES

Na procura de um edifício mais sustentável, foram propostas soluções com o intuito de tornar o edifício em estudo mais amigo do ambiente e confortável para os seus utilizadores.

Após o estudo de viabilidade económica das soluções propostas foi efectuado uma nova avaliação do edifício, de modo a avaliar as melhorias a obter caso seja aplicado as soluções propostas.

6.1. Classificação do DeCivil segundo LiderA após aplicação das soluções

- Relativamente à vertente local e integração, o aproveitamento do espaço adjacente ao edifício para criação de um espaço verde, arborizado e com espécies autóctones, permite melhorias do nível atribuído para a área de Ecossistemas Naturais, visto que esta solução permite o aumento da percentagem de área verde do solo face ao total do lote e visa várias intervenções de valorização ecológica (C3), assim como, promove a continuidade verde com as zonas envolventes favorecendo a interligação de habitats (C4).

Tabela 11 - Avaliação da vertente integração local e paisagística após aplicação de soluções

A ++	A +	A	B	C	D	E	F	G	
									Área: Ecossistemas naturais
									Critério 3: Valorização ecológica
									Critério 4: Interligação de habitats

- Em termos de **Recursos**, dada a implementação de medidas bioclimáticas e de desempenho solar passivo neste edifício, isto é, a adopção de energia fotovoltaica para produção de energia eléctrica e a aplicação de estores exteriores reguláveis verifica-se, relativamente ao desempenho passivo (C8) uma melhoria ao nível de avaliação. A inexistência de fontes de energia renováveis, e de equipamentos com boa classificação de eficiência energética, ou seja, com um nível de etiquetagem energética superior ou igual a B, o que permite obter a redução do nível de emissões de CO₂, referente ao critério de intensidade de carbono (C9).

Capítulo 6

Relativamente ao consumo de água potável (C10), foram apontadas várias soluções na melhoria do nível de avaliação deste critério, dispositivos classificados como eficientes do ponto de vista hídrico, tais como o uso de redutores de caudal e autoclismos de dupla descarga; são aplicados nos espaços verdes espécies autóctones, reutilização de águas cinzentas e utilização de águas pluviais para rega e lavagem de pavimentos e monitorização dos consumos de água. O sistema de aproveitamento de águas pluviais, dotado de tratamento de águas e de um sistema *first flush* permite uma melhor gestão das águas locais (C11).

Tabela 12 - Avaliação da vertente recursos após aplicação de soluções

A ++	A +	A	B	C	D	E	F	G	
									Área: Energia
									Critério 8: Desempenho passivo
									Critério 9: Intensidade em carbono
									Área: Água
									Critério 10: Consumo de água potável
									Critério 11: Gestão das águas locais

- Quanto às cargas ambientais, relativamente aos efluentes, sendo efectuada a reutilização de águas cinzentas, é efectuado o seu tratamento no local, sendo apenas enviado os caudais de águas restantes para o Sistema Multimunicipal de Saneamento da Ria de Aveiro – SIMRIA, o que traduz melhoria na avaliação do critério de tratamento de águas residuais (C16) e no caudal de reutilização de águas usadas (C17).

Em termos de resíduos, uma vez aumentado os sistemas de recolha de resíduos de reciclagem e implementadas práticas de sensibilização, é previsto obter-se maiores quantidades de reciclagem de resíduos (C21).

Tabela 13- Avaliação da vertente cargas ambientais após aplicação de soluções

A ++	A +	A	B	C	D	E	F	G	
									Área: Efluentes
									Critério 16: tipo de tratamento das águas residuais
									Critério 17: Caudal de reutilização de águas usadas
									Área: Resíduos
									Critério 21: Reciclagem de resíduos

- Em termos de conforto ambiental, uma vez que esta vertente é avaliada diferenciadamente por piso, tem-se que, quanto ao conforto térmico (C25), o 2º andar obtém melhorias para este critério uma vez que serão aplicadas medidas de sombreamento selectivo, estores exteriores reguláveis. Relativamente aos outros pisos, procedesse a melhorias no critério de níveis de iluminação (C26), uma vez que é proposto o seccionamento das luminárias das salas de aula, para que o nível de luz seja controlado conforme as necessidades das actividades desenvolvidas, que exista iluminação localizada nos gabinetes, para que incida um maior fluxo luminoso sobre os planos de trabalho (secretárias).

Tabela 14 - Avaliação da vertente conforto ambiental relativamente ao rés-do-chão e 1º andar após aplicação de soluções

A ++	A +	A	B	C	D	E	F	G	
									Área: Iluminação e acústica
									Critério 26: Níveis de iluminação

Tabela 15 - Avaliação da vertente conforto ambiental relativamente ao 2º andar após aplicação de soluções

A ++	A +	A	B	C	D	E	F	G	
									Área: Conforto térmico
									Critério 25: Conforto térmico

- Em termos de **gestão ambiental e inovação** do edifício aplicando-se as soluções propostas relativas á informação ambiental (C41), serão publicados na internet Manuais de Utilização aos utilizadores e aos gestores do edifício e apresentação dos valores de consumos do edifício monitorizados, estarão disponível em locais apropriados os manuais de funcionamento e utilização dos equipamentos existentes no edifício, assim como serão efectuadas sessões periódicas de sensibilização dos utentes do edifício, para as preocupações ambientais e de esclarecimento das medidas de prevenção ambiental a ter no dia-a-dia, o que promove este critério para o nível A. As várias soluções propostas ao nível de informação ambiental, monitorizações e eficiência visam formar um sistema de gestão ambiental (C42) do edifício, o que gera melhoria ao nível deste critério, outras soluções tais como os sistemas de aproveitamento de águas pluviais, tratamento de águas cinzentas, adopção de energia fotovoltaica para produção de energia eléctrica, redutores de caudal constituem inovação (C43) de práticas, soluções e integrações.

Tabela 16 - Avaliação da vertente gestão ambiental e inovação

A ++	A +	A	B	C	D	E	F	G	
									Área: Gestão ambiental
									Critério 41: informação ambiental
									Critério 42: sistema de gestão ambiental
									Área: Inovação
									Critério 43: Inovação

O edifício obteve uma classificação global C, o que corresponde a uma classificação superior em 25% à prática comum. Dado que o reconhecimento é efectuado nas classes C a A, poder-se-ia reconhecer este edifício como sustentável uma vez aplicadas as soluções descritas no ponto 4.2.

A avaliação da sustentabilidade do edifício segundo o sistema LiderA, foi efectuada com a colaboração da assessora LiderA, Maria Fernanda da Silva Rodrigues.

Capítulo 7 –

Avaliação financeira das soluções propostas

7. AVALIAÇÃO FINANCEIRA DAS SOLUÇÕES PROPOSTAS

7.1.Introdução

A avaliação económica de projectos, cujos impactes provocam uma mudança na qualidade do ambiente, necessita que seja atribuído um valor monetário a bens e serviços ambientais, para ser possível avaliar a viabilidade de um projecto. Existem disponíveis várias técnicas para valorizar os serviços e bens ambientais em termos económicos. Estas reflectem o valor económico desses mesmos bens e serviços. No caso de serem transaccionados num mercado real o valor económico corresponde ao seu valor de mercado (Limão, 2007).

A forma de avaliar os custos inerentes às melhorias, tendo em vista a obtenção de uma classificação do sistema LiderA superior relativa ao edifício sem a aplicação de melhorias, fez-se através do método do Valor Actualizado Líquido (VAL), “ (...) *Este método é uma técnica financeira sofisticada que compara os fluxos de caixa descontados com o investimento inicial (...)* ”. Matematicamente o VAL é dado pela expressão:

$$\text{VAL} = \sum_{i=1}^n \frac{\text{VF}}{(1+K)^i} - \text{I.I} \quad (16)$$

Sendo:

- VAL, valor actual do dinheiro;
- VF, valor futuro do dinheiro;
- K, taxa de juro do investimento ou custo do capital;
- I.I, investimento inicial. (...)” (Jerónimo, 2009).

Ou seja, no fundo vai-se ter as receitas, que neste caso é a poupança de energia ao aplicar-se as soluções propostas na secção 4.2.

O valor das receitas sofre uma actualização. Esta actualização é devida ao facto do valor do dinheiro ser alterado ao longo do tempo. Ou seja, uma receita de mil euros, futuramente não equivale a mil euros hoje, daí a parcela VF. Este valor é encontrado aplicando uma taxa de 5% de valorização do dinheiro (K). O aumento da energia considerado é de 2,5% diminuído assim o valor das receitas em 2,5% anualmente.

Com este método fica-se a saber em quantos anos o investimento é recuperado. O investimento é rentável quando o valor de VAL é superior a zero e não rentável quando é

inferior a zero. Para este estudo foi obtido um tempo de retorno do investimento de 16 anos (Anexo C).

Nesta avaliação não foram considerados os custos inerentes à manutenção do sistema fotovoltaico e o sistema de aproveitamento de águas.

7.2. Análise financeira das soluções energéticas

7.2.1. Consumos de electricidade

Partindo das informações obtidas no projecto de AVAC do edifício, introduzidas no Design Builder (ponto 5.2) obteve-se o gráfico de consumos do edifício (Figura 3), a partir dos quais se estimou as parcelas referentes ao consumo de energia. O consumo de energia do edifício engloba as seguintes utilizações:

- iluminação (20%);
- ar-condicionado (19%);
- ventilação mecânica (23%);
- computadores, máquinas e outros (38%).

Utilizou-se esta informação (a desagregação de consumos para os diferentes utilizações de energia) e o consumo anual de energia eléctrica do edifício (Tabela 10), fornecido pelos serviços técnicos da Universidade de Aveiro, para a obtenção de valores que servirão de base para a análise financeira das soluções que se destinam ao aumento da eficiência energética do edifício. Os valores de custo foram obtidos para um tarifário de média tensão, longa utilização (EDP, 2010).

Tabela 17 – Desagregação dos consumos de energia eléctrica

%	Tipo de uso	Consumo anual (kWh)	Custo anual (Eur/ano)
38	computadores, máquinas e outros	88.665,86	6.911,06
20	iluminação	46.666,24	3.637,40
23	ventilação mecânica	53.666,18	4.183,01
19	ar-condicionado	44.332,93	3.455,53
Total		233.331,20	18.187,00

7.2.2. Lâmpadas LEDs

As lâmpadas LED da marca LedLux com uma potência de 5 Watt têm um custo unitário de 28,89 Euros. Apresentam em média uma duração de 25 000 horas, o que para efeitos do cálculo do tempo de vida útil, considerando-se um tempo médio de utilização de 8h diárias, representará um tempo de vida útil de 5 anos.

Relativamente à redução energética, as especificações que acompanham este tipo de lâmpada, indicam um consumo de 9 W, enquanto uma lâmpada de halogéneo com a mesma potência de iluminação corresponde a 60 W, sendo assim, a percentagem de redução na electricidade para iluminação é de 85% (quando comparados estes dois tipos de lâmpadas).

Os cálculos efectuados relativamente aos custos apresentam-se a seguir e os resultados obtidos encontram-se na Tabela 11.

Tabela 18 – Custo de investimento de lâmpadas LEDs

Nº de lâmpadas	Custo unitário (Eur/unid)	Tempo de vida útil (anos)	Redução no consumo de energia (%)	Custo de investimento (Eur)
1420	28,89 €	20	85	41.023,80 €

7.2.3. Estores exteriores

De acordo com alguns fornecedores de estores exteriores (Abristores, 2010), o custo unitário deste género de estore, tipo Brisa sol, com lâmina de 80 mm, é de 93,46 Euros/m². Relativamente à percentagem de redução da energia total o valor adoptado foi de 10%, tendo em conta nos valores obtidos na avaliação do conforto efectuado no ponto 5.3, utilizando o software Energy Plus /Design Builder. A área de estores a colocar é de 205 m², tendo sido esta área obtida segundo medições do projecto de arquitectura do edifício.

Os cálculos efectuados relativamente aos custos apresentam-se na Tabela 12.

Tabela 19 – Custo de investimento de estores exteriores

Unidades	Área	Custo unitário (Eur/unid)	tempo de vida útil (anos)	Redução no consumo de energia (%)	Custo de investimento (Eur)
m ²	205	93,46 €	20	10	19.159,30 €

7.2.4. Equipamentos de baixo consumo

O equipamento electrónico de escritório é responsável por uma grande parte do consumo de electricidade no sector terciário.

Tendo em atenção o número de computadores utilizados neste edifício, sugere-se a substituição dos monitores dos mesmos. Para tal, optou-se pela sugestão de monitores com a rotulagem Energy Star, cujos limites máximos dos monitores no modo activo são definidos em função da diagonal do ecrã.

Para receber o rótulo Energy Star, um monitor de 19 e 22 polegadas não pode consumir mais de 22,8 e 29,7 W, respectivamente. Em modo latente, ou seja, quando o ecrã está ligado, mas não emite imagem (por exemplo, através do modo “poupança de energia” do computador), o consumo não pode exceder 2 W. Quando desligado, o limite desce para 1 watt. Este tipo de equipamento representa uma diminuição no consumo de electricidade de 20% (DECO Pró Teste, 2010).

Foram no entanto contabilizados no total 200 novos equipamentos, a optar pela marca LG, referência LG W42TE (Vídeo Jogo, 2010).

Os cálculos efectuados relativamente aos custos apresentam-se na Tabela 13.

Tabela 20 – Custo de investimento de equipamentos de baixo consumo

Nº de monitores	Custo unitário (Eur/unid)	tempo de vida útil (anos)	Redução no consumo de energia (%)	Custo de investimento (Eur)
200	189,00 €	20	20	37.800,00 €

7.2.5. Módulos fotovoltaicos

A área disponível, dadas as especificações dos módulos solares, isto é, exposição solar elevada, é de 876,96 m², uma vez que nas soluções propostas está incluído um sistema de aproveitamento de águas residuais, cuja área de recolha foi considerada metade da área da cobertura, considera-se a restante área para a colocação dos módulos fotovoltaicos. Com esta área de implantação é possível com os módulos fotovoltaicos ATERSA A-135P, produzir 68 % da energia total consumida pelo edifício em estudo. Os cálculos efectuados relativamente aos custos apresentam-se a seguir e os resultados obtidos encontram-se na Tabela 14.

Considerou-se como parâmetros, tendo em conta a informação recolhida no fornecedor deste sistema, Teknosolar (Teknosolar, 2010) e no catálogo do produto do fabricante.

$$\text{Área de cada módulo (A}_m\text{)} = 1,476 \times 0,659 = 0,97 \text{ m}^2$$

$$\text{Potência de pico (P}_p\text{)} = 135 \text{ W}_p$$

$$\text{Área de implatação (A}_i\text{)} = 876,96 \text{ m}^2$$

$$\text{Energia eléctrica consumida anualmente} = 223\,331 \text{ kWh/ano}$$

Uma vez conhecida a área de implatação e a área de cada módulo determina-se o número máximo de módulos (N_m), segundo a equação 18:

$$N_m = \frac{A_i}{A_m} = \frac{876,96}{0,97} = 904 \quad (18)$$

A partir da potência de pico é calculada a potência real (P_r), de modo a obter-se a quantidade de energia produzida, segundo a equação 19:

$$P_r = \frac{R_m}{R_{ref}} \times P_p = \frac{185}{1000} \times 135 = 25 \text{ W} \quad (19)$$

com, R_m, a radiação média do local, tendo considerado para Aveiro 185W e R_{ref}, a radiação nas condições de referência de 1000W.

Deste modo, a potência real de cada módulo de 25 W, valor este que permite o cálculo da energia produzida (equação 20), energia produzida anualmente (equação 21) e a percentagem de energia produzida (equação 22):

$$\text{Energia produzida} = 904 \times 25 = 22,6 \text{ kW} \quad (20)$$

$$\text{Energia produzida anualmente} = \frac{18\,144 \times 24 \times 365}{1000} = 15\,8941 \text{ kWh/ano} \quad (21)$$

$$\% \text{ de Energia produzida} = \frac{158\,941 \times 100}{23\,3331} = 68 \% \quad (22)$$

Tabela 21 – Custo de investimento dos módulos fotovoltaicos

Nº de Kits de módulos	Custo unitário (Eur/unid)	tempo de vida útil (anos)	Redução no consumo de energia (%)	Custo de investimento (Eur)
75	13.425,00 €	20	68	1.006.875,00 €

Dado que se verifica que a solução apresentada neste ponto é financeiramente inviável, não será tida em atenção na análise.

7.3. Análise financeira das soluções hídricas

7.3.1. Consumos de água

Partindo das informações obtidas na especificação técnica da ANQIP ETA0701 e dos cálculos efectuados no ponto 4.3 relativamente aos consumos de dispositivos, efectuou-se uma estimativa da desagregação dos consumos de água por tipo de dispositivo. O consumo de água do edifício engloba as seguintes utilizações/dispositivos:

- torneiras (60%);
- autoclismo (25%);
- lavagem de pavimentos (5%);
- rega de jardins ou espaços verdes (5%);
- outros (5%).

Utilizou-se esta informação (a desagregação de consumos para os diferentes usos da água) e o consumo anual de água do edifício (Tabela 15), fornecida pelos serviços técnicos da Universidade de Aveiro. Estes valores serviram de base para a análise financeira das soluções

que se destinam ao aumento da eficiência hídrica do edifício. Os valores de custo foram obtidos para um tarifário de edifício de administração/serviço público (AdRA, 2010).

Tabela 22 – Desagregação dos consumos de água

%	Tipo de uso	Consumo anual (m3)	Custo anual (Eur/ano)
60	torneiras	364,20	582,72
25	autoclismo	151,75	242,80
5	lavagem de pavimentos	30,35	48,56
5	rega de espaços verdes	30,35	48,56
5	outros	30,35	48,56
Total		607,00	971,20

7.3.2. Redutores de caudal

Os redutores de caudal para torneiras têm um custo unitário de 6,33 Euros. Para o edifício em estudo no caso da sua colocação seriam necessários 30 redutores de caudal. Relativamente à redução de consumo de água, este tipo de sistema segundo as informações obtidas no fornecedor (All-aqua, 2010) podem reduzir em 50% o consumo de água das torneiras. O fornecedor é membro da ANQIP. Os resultados obtidos encontram-se na Tabela 16.

Tabela 23 – Custo de investimento dos redutores de caudal

Nº de redutores	Custo unitário (Eur/unid)	tempo de vida útil (anos)	Redução no consumo de água (%)	Custo de investimento (Eur)
30	6,33 €	20	50	189,90 €

7.3.3. Autoclismos de dupla descarga

O autoclismo de dupla descarga escolhido, autoclismo Onix monobloco da marca Oliveira e irmão, é certificado pela ANQIP com uma classificação A e tem um custo unitário de 32.30

Euros. Para o edifício em estudo no caso da sua colocação seriam necessários 25 autoclismos. Relativamente à redução de consumo de água, este tipo de sistema segundo as informações obtidas no fornecedor (Oliveira e irmãos, 2010) podem reduzir em 50% o consumo de água dos autoclismos. Os resultados obtidos encontram-se na Tabela 17.

Tabela 24 – Custo de investimento dos autoclismos de dupla descarga

Nº de autoclismos	Custo unitário (Eur/unid)	tempo de vida útil (anos)	Redução no consumo de água (%)	Custo de investimento (Eur)
25	32,30 €	20	50	807,50 €

7.3.4. Sistema de aproveitamento de águas

O sistema de aproveitamento de águas escolhido, foi a instalação de reutilização de águas cinzentas Salher, incluindo um sistema de tratamento terciário, do tipo UV. No entanto uma vez que o depósito de águas brutas tem no máximo um volume de 20 m³, optou-se por 3 unidades de custo unitário de 6815,17 Euros, tendo em conta os cálculos de dimensionamento efectuado no ponto 4.3. Os resultados obtidos encontram-se descritos na Tabela 18.

Tabela 25 – Custo de investimento do sistema de aproveitamento de águas

Nº de instalações	Custo unitário (Eur/unid)	tempo de vida útil (anos)	Redução no consumo de água (%)	Custo de investimento (Eur)
3	6.815,20 €	20	100	20.445,60 €

Capítulo 8 – Conclusões

8. CONCLUSÕES

Ao concluir este trabalho considera-se que foram atingidos os objectivos fundamentais inicialmente propostos.

Este estudo avaliou um edifício escolar relativamente à sua sustentabilidade que permitiu propor soluções cujo desempenho ambiental, social e económico fossem capazes de tornar possível conseguir-se um reconhecimento do edifício como sustentável.

Efectuada a avaliação do edifício segundo o sistema LiderA relativamente à sua sustentabilidade, obteve-se uma classificação global D, o que corresponde a uma avaliação superior à prática usual, embora inferior à classificação atribuída para certificação e reconhecimento pelo sistema, dado que o reconhecimento é efectuado nas classes C a A.

No decorrer do desenvolvimento da avaliação segundo o LiderA verificou-se que os pontos em que o edifício necessita de uma maior atenção, são os relativos às áreas da energia, resíduos, qualidade do ar, conforto térmico, iluminação e acústica, água e gestão ambiental os quais poderão ser sujeitos a uma efectiva melhoria.

Na selecção de soluções a propor foram encontrados vários obstáculos uma vez que o edifício já se encontra em fase de utilização, o que torna inviável muitas das soluções que seriam necessárias para melhorar o desempenho ambiental do edifício.

Relativamente às soluções propostas, no âmbito das águas optou-se pela substituição dos autoclismos existentes por autoclismos de dupla descarga certificados, segundo as normas da ANQIP, pela colocação de redutores de caudal nas torneiras existentes nos lavatórios e pela reutilização de águas cinzentas e recolha de águas pluviais.

Nas soluções propostas para as intervenções da envolvente, há o sombreamento exterior das janelas das divisões orientadas a nordeste e sudoeste, com estores exteriores reguláveis, para um melhor controlo dos factores de iluminação e conforto térmico (na estação de arrefecimento) e a incorporação de estores interiores automáticos que recolham consoante a diminuição de níveis de iluminação exterior de modo a diminuir as perdas de calor do interior, durante a estação de arrefecimento; quanto à iluminação e respectivos equipamentos, propôs-se a substituição dos equipamentos existentes por equipamentos mais eficientes

energeticamente, recorrendo-se à tecnologia LED, no que diz respeito a monitores e lâmpadas, tendo em conta que este tipo de tecnologia implica diminuições de consumo bastante significativas. Relativamente ao recurso a energias renováveis, propõe-se a adopção de energia fotovoltaica para produção de energia eléctrica, uma vez que o edifício possui extensa área de cobertura completamente desobstruída, onde podem ser localizadas as placas e painéis fotovoltaicos, sem nenhum prejuízo para a arquitectura.

Relativamente aos recursos, propõe-se a educação e a sensibilização dos ocupantes para produzirem menos resíduos, sugere-se o incentivo à separação e reciclagem de resíduos o que deveria ser colocado em cada piso um recipiente para a separação de resíduos (papel, plástico, lixo orgânico), no caso do laboratório a devolução das embalagens ao fornecedor. No piso de entrada deveria ainda ser colocado um recipiente para recolha de pilhas, sendo estas encaminhadas para sistemas próprios de reciclagem. A gestão de resíduos perigosos assenta na selecção dos materiais e suas embalagens, tendo também em consideração a produção reduzida de resíduos perigosos, suas condições para armazenamento e destino adequado e cuidado. Propõe-se um espaço específico dedicado ao armazenamento de resíduos perigosos, como por exemplo lâmpadas e produtos de limpeza. Para minimizar a utilização de produtos nocivos para o ambiente, propõe-se o uso de papel higiénico e papel de impressão reciclado e o uso de produtos de limpeza biodegradáveis, com rótulo ecológico, como por exemplo os produtos das marcas Starwax e Ecover.

No ponto 4.3, relativo à concepção do sistema de aproveitamento de águas, definiu-se que o tratamento em conjunto das águas pluviais e residuais cinzentas é vantajoso, uma vez que as águas pluviais nos meses seguintes a Maio, serão mais raras e apenas contribuem para o reforço de "stock" de água. Contribuem para a diluição dos detergentes e outros produtos nas águas cinzentas bem como nas águas pluviais. A rede das águas pluviais terá de ser executada segundo as especificações técnicas da ANQIP ETA0701, e deverão juntar-se às águas residuais cinzentas num ponto anterior ao reservatório. Tendo em conta os tamanhos das cisternas comercialmente disponíveis, a capacidade de volume da cisterna adoptada é de 60 m³.

Segundo a simulação térmica efectuada com o software EnergyPlus /DesignBuilder para o edifício em estudo, apercebe-se que o edifício tem algumas deficiências energéticas, pois apresenta uma grande variação de temperaturas ao longo do ano, além de acompanhar as subidas e descidas das temperaturas interiores, conforme as variações de temperaturas

exteriores, o que demonstra uma deficiência visível no isolamento. Pela análise do gráfico de consumos de energia, ganhos de calor e temperaturas para o edifício em estudo (Figura 3), verifica-se também, que os ganhos internos são essencialmente obtidos através do aquecimento do edifício por radiação solar incidente nos envidraçados. Efectuou-se uma simulação relativamente às zonas, situadas no 2º andar do edifício com orientação nor-nordeste (NNE) e su-sudoeste (SSO), respectivamente a zona 33, sala de gabinete colectivo e a zona 1, sala de estudo, tendo-se analisado o balanço energético e o conforto térmico, para as exposições mais críticas, relativas á colocação ou não de estores exteriores nos envidraçados das áreas referidas. Verificam-se que quer a nível de ganhos internos quer a nível de conforto, conforme se pode verificar nos gráficos da Figura 4 a 8, as variações apresentados são insignificantes, embora haja uma diminuição de horas de desconforto e diminuição dos ganhos internos durante os meses de arrefecimento. Tal constatação sugere que deveriam ser aplicadas outras soluções de melhoria de modo a obter diminuições mais significativas, tais como, a modificação da área de superfície envidraçada, o tipo de caixilharia ou o tipo de vidro.

Executando a avaliação de sustentabilidade do edifício, pelo sistema LiderA, tendo em consideração as medidas de melhoria propostas, o edifício obteve uma classificação global C, o que corresponde a uma classificação superior em 25% à prática comum. Dado que o reconhecimento é efectuado nas classes C a A, poder-se ia reconhecer este edifício como sustentáveis uma vez aplicadas às soluções descritas no ponto 4.2.

A análise das simulações térmicas deveria ter sido efectuado segundo um estudo mais intensivo e pormenorizado, mas dadas as limitações temporais, a análise apenas foi efectuada para obter e justificar as informações e soluções utilizadas no desenvolvimento deste estudo.

Na fase de pesquisa das soluções tecnológicas que existem disponíveis no mercado, foi difícil obter a informação sobre os custos praticados e especificações técnicas para o cálculo do custo de investimento de algumas soluções no entanto, verificou-se que o sistema de produção de energia fotovoltaica, era inviável, dados os custos elevados por este tipo de tecnologia. A aplicação das soluções propostas ao âmbito da eficiência energética e eficiência hídrica tem um tempo de retorno de 16 anos.

No seguimento deste trabalho dar-se-ão continuidade à avaliação de sustentabilidade de outros edifícios do Campus Universitário de Santiago e na correspondente forma de medidas

que melhorem o seu desempenho tornando-os susceptíveis de reconhecimento voluntário da construção sustentável e do ambiente construído – LiderA.

Proceder-se-á também à simulação energética mais aprofundada deste edifício.

Bibliografia

BIBLIOGRAFIA

1. Abristores; www.abristores.pt; 2010
2. AdRA; www.adra.pt; 2010
3. All-aqua; www.all-aqua.pt; 2010
4. Bastos, André; Vale, José; A Ferramenta avaliação do ciclo de vida do produto (ISO 14040), o gerenciamento ambiental preventivo e a melhoria do desempenho; Brasil; 2001
5. Brundtland; O nosso futuro comum – Relatório de Brundtland; Nações Unidas : Comissão Mundial sobre o Meio ambiente e Desenvolvimento; 1967
6. Camargo, Andrea; Wiemes, Fabiano; Nicacio, José; Regulamentação da questão ambiental; Universidade Federal de Santa Catarina; Brasil
7. Ciambone, David F.; Environmental life cycle analysis; Lewis; California, 1997
8. Curran, Joel; Streamlined life cycle assessment: a final report from the SETAC; North America; 1999
9. Decreto-lei 80/2006 de 4 de Abril; Regulamento das Características de Comportamento térmico dos Edifícios; Lisboa; 2006
10. Degani, Clarice Menezes; Cardoso, Francisco Ferreira; A sustentabilidade ao longo do ciclo de vida de edifícios: a importância da etapa de projecto arquitectónico; Universidade Politécnica de São Paulo; Brasil; 2002
11. Earlandsson, Martin; Borg, Mathias; Generic LCA-methodology applicable for buildings, constructions and operation services - today practice and development needs; Suíça; 2003
12. EDP; www.edp.pt; 2010
13. Ernesto, Tatiana Vieira Barroso; Estudo da Eficiência Energética do Museu do Caramulo; Universidade de Aveiro; 2009
14. Escola Politécnica da Universidade de São Paulo; O edifício e o ambiente – Análise do ciclo de vida; Brasil; 2004
15. ETA 0701; Sistema de aproveitamento de águas pluviais em edifícios; ANQIP; Aveiro; 2009
16. Ferrão, Paulo Cadete; Análise do ciclo de vida; Instituto Superior Técnico, Lisboa; 2005
17. Greenpro; Energia Fotovoltaica – Manual sobre tecnologias, projecto e instalações; Europa; 2004
18. Grupo ACV; <http://acv.ibict.br/>; Brasil; 2008

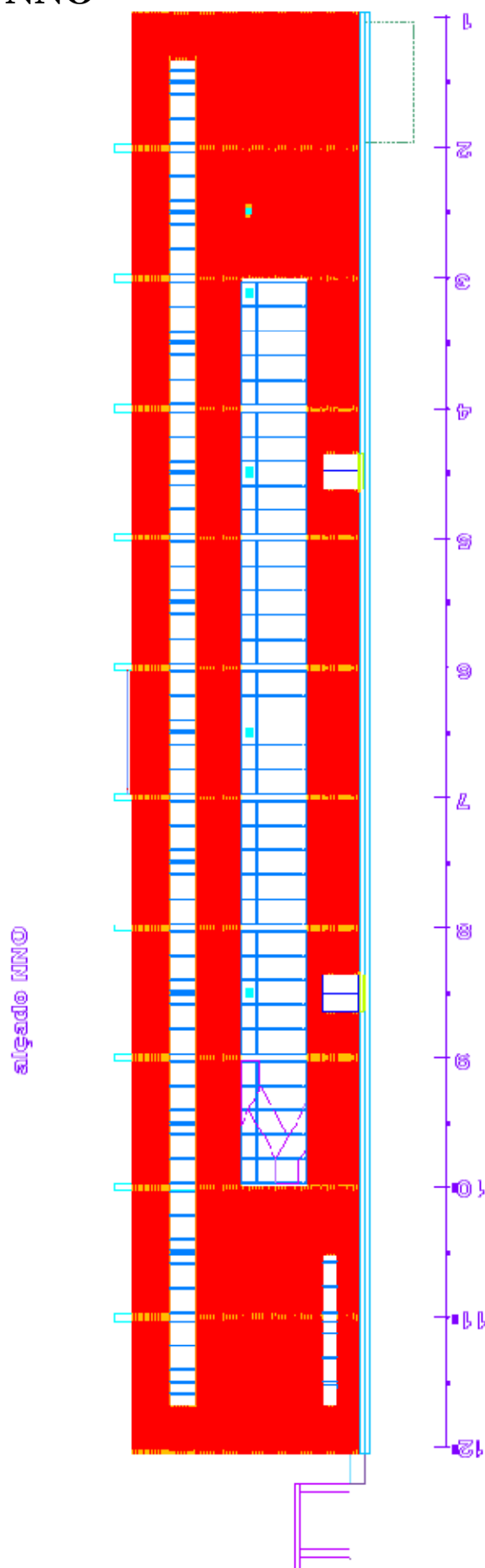
19. Jerónimo, Rui Miguel Sendas; Construção em madeira – Exigências para a certificação energética; Universidade de Aveiro; Aveiro; 2009
20. Jolliet, Olivier; A new life cycle impact assessment methodology; Suíça; 2003
21. Jolliet, Olivier; LCIA Framework; UNEP/SETAC Life cycle initiative; Alemanha; 2004
22. Kibert, Charles; Sustentable construction: green building design and delivery; wiley, 2008
23. Kuhre, W. Lee; A practical guide for preparing effective environmental Management systems
24. Ledlux; www.ledlux.pt; 2010
25. Limão, Andreia; Seleção e avaliação de soluções sustentáveis na construção; Instituto Superior Técnico, Lisboa; 2007
26. Lucas; Sandra Manuel Simaria de Oliveira; Critérios ambientais na utilização de materiais de construção; Universidade de Aveiro; Aveiro; 2008
27. Manso, João Pedro Henriques; Avaliação energética e ambiental de edifícios de habitação – Impacto da utilização de diferentes sistemas energéticos e energia primária; Universidade de Aveiro; 2008
28. Marsmann, Manfred; The ISO 14 040 family; Alemanha, 2000
29. Martins, P.; Branco; Análise de ciclo de vida de edifícios com estrutura de betão, aço e madeira; Congresso de inovação na construção sustentável; 2008
30. Mateus, Ricardo; Bragança, Luís; Tecnologias construtivas para a sustentabilidade da construção; Edições Ecopy; Porto, 2006
31. Monte, Helena Marecos do; Albuquerque, António; Reutilização de águas residuais; Instituto Superior de Engenharia de Lisboa; Lisboa; 2010
32. Oliveira e irmão; www.oliveirairmao.com; 2010
33. Oliveira, C. ; Inácio, M. , Pinheiro, Manuel; A metodologia da avaliação do ciclo de vida na definição de critérios de sustentabilidade em edifícios; Congresso de inovação na construção sustentável; 2008
34. Oliveira, Fedra Tatiana Almeida; Aproveitamento de água pluvial em usos urbanos em Portugal Continental – Simulador para avaliação da viabilidade; Instituto Superior Técnico, Universidade Técnica de Lisboa; Lisboa; 2008
35. Pinheiro, Manuel Duarte; Ambiente e construção sustentável; Lisboa; Instituto do ambiente; 2006;
36. Pinheiro, Manuel Duarte; Construção sustentável – um desafio para a integração pró - activa a nível nacional; Associação Portuguesa de engenharia do ambiente; Lisboa; 2005

37. Pinheiro, Manuel Duarte; LiderA, sistema voluntário para a sustentabilidade dos ambientes construídos; Instituto Superior Técnico, Universidade Técnica de Lisboa; Lisboa; 2010
38. Portaria 1532/2008 de 29 de Dezembro; Regime Jurídico de Segurança contra Incêndio em Edifícios; Lisboa; 2008
39. Prado, Marcelo Real; Análise do inventário do ciclo de vida; Universidade federal do Panamá; Brasil; 2007
40. Rocha; Mateus; Avaliação da Eco - Eficiência Ambiental da Vinhaça para diferentes formas de disposição aplicando ACV; 2007
41. Rodrigues, Jacinto; Ecologia e construção; Porto, 2004
42. Roodman, D. M., Lensse N. ; A building revolution: How ecology and health concerns are transforming construction; Washington; 1995
43. Rossa, Sara Rita Louro Guerreiro Serrasqueiro; Contribuição para um uso mais eficiente da água no ciclo urbano – Poupança de água e reutilização de águas cinzentas; Faculdade de Engenharia do Porto; Porto; 2006
44. Salazar; Vera Lucia P. ; A análise do ciclo de vida; Portugal; 2005
45. Salher; www.salher.pt; 2010
46. Sedrez, Michele de Moraes; Sustentabilidade do ambiente construído: contribuições para a avaliação de empreendimentos habitacionais de interesse social; Porto Alegre, Brasil; 2004
47. Sequeira, António Manzoni de; Construção: a aposta na qualidade de vida, repensar e revalorizar a actividade; ANEOP, Associação Nacional de Empreiteiros de Obras Públicas; Lisboa, 2008
48. Silva, Ana Cláudia Furtado Correia da; Aplicação de Ferramentas de Análise do Ciclo de Vida na Sustentabilidade da Construção – Estudo de Caso; Universidade de Aveiro; Aveiro; 2008
49. Silva, Paulo Gil; Inovação ambiental na gestão de embalagens de bebidas em Portugal; Instituto Superior Técnico de Lisboa, 2002
50. Silva, Pedro Correia Pereira da; Análise do comportamento térmico de construções não convencionais através de simulação em VisualDOE; Universidade do Minho; Guimarães; 2006
51. Soares, Liliana, Contributo para os Mecanismos de Ponderação de Critérios Ambientais no Sistema LiderA; Instituto Superior Técnico; Lisboa; 2005

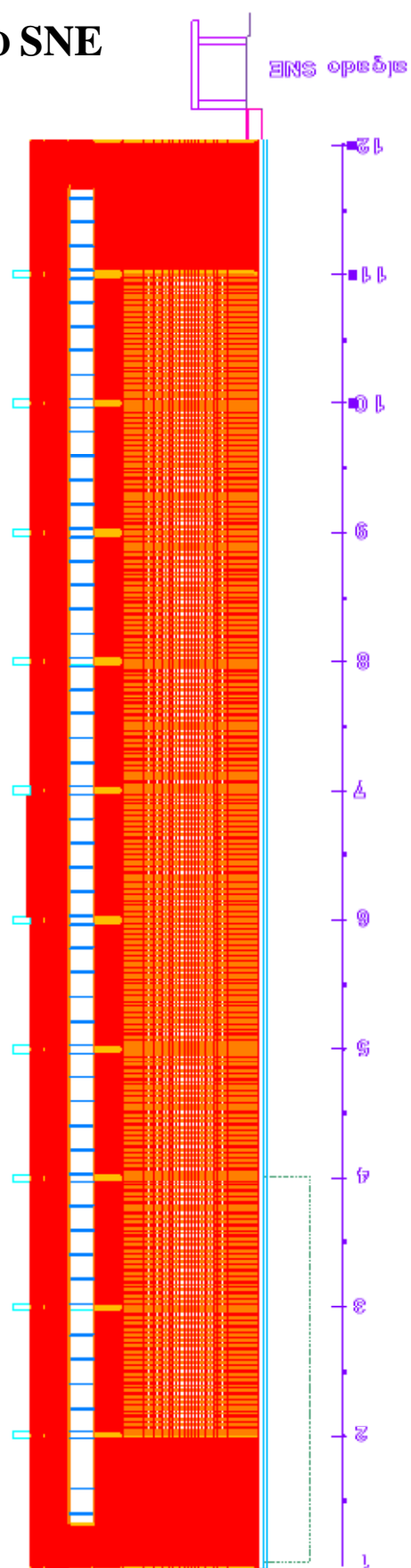
52. Soares, Sebastião Roberto; Souza, Danielle Maia; Pereira, Sibeli Warmiling; A avaliação do ciclo de vida no contexto da construção civil; colectânea Habitar, 7º volume; Brasil; 2006
53. Teknosolar; www.teknosolar.com; 2010
54. Tokudome, Maki ; A Sustentabilidade da indústria de pré fabricados; 2007
55. United Nation Senvirontnment Programe; Life Cycle Management, A Business Guide to Sustainability; 2007
56. Vaz Sá, Ana; Abrantes, Vítor; Barbosa, Inês; Aplicação de programas de cálculo ao estudo da sustentabilidade em edifícios de habitação; Congresso de inovação na construção sustentável; 2008
57. Video jogo; <http://www.videojogos-online.com/noticias/equipamento/301-monitor-lg-para-a-crise.html>; 2010

Anexo A

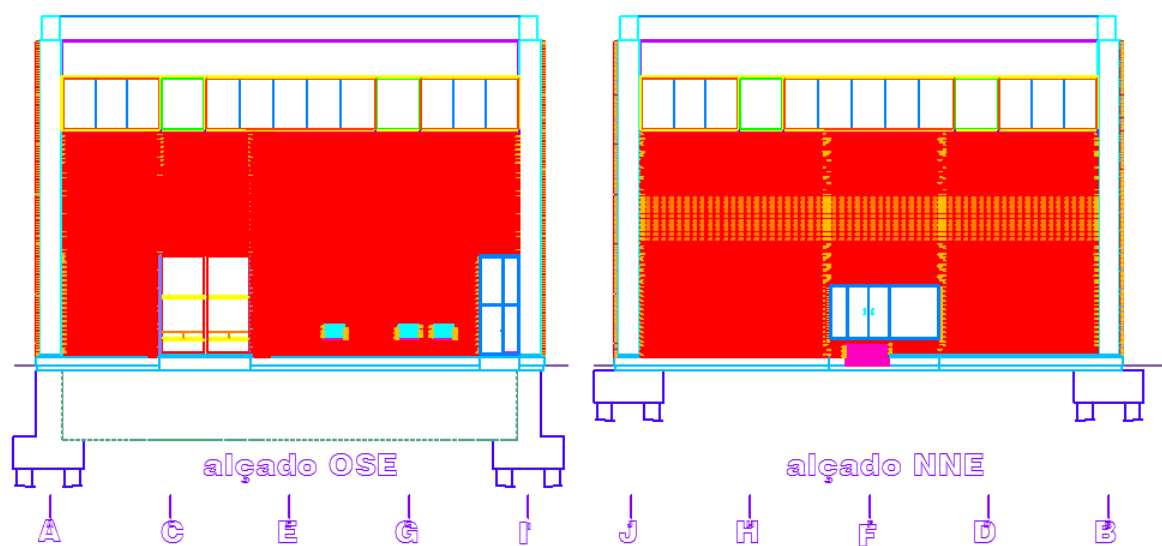
ANEXO A.1. ALÇADO NNO



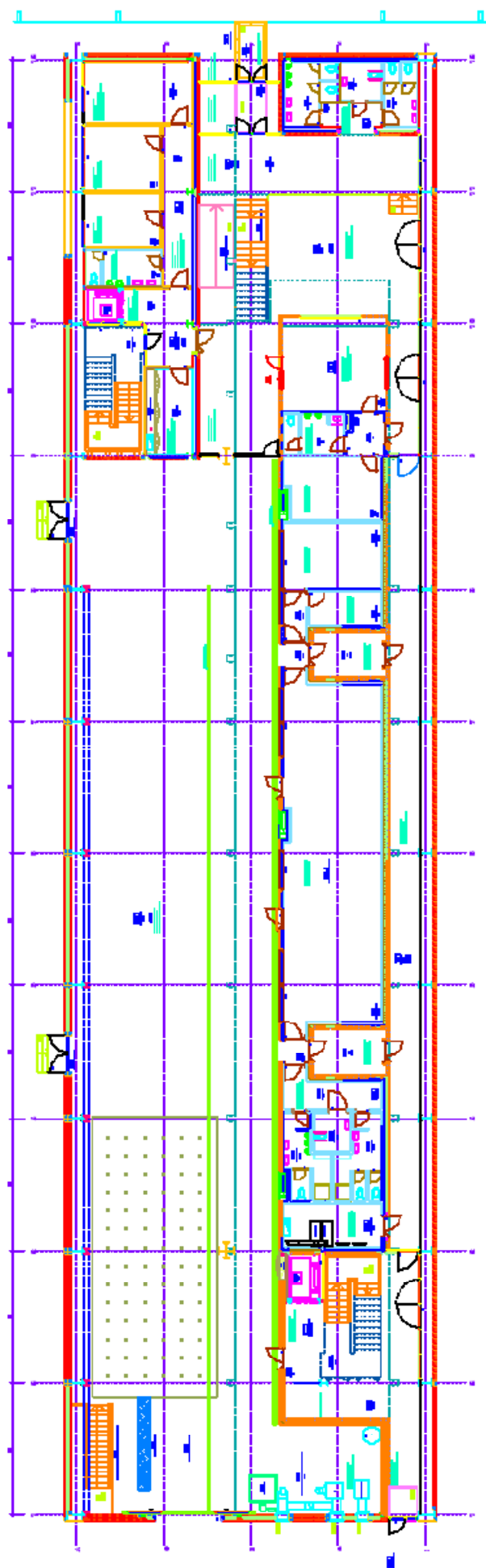
ANEXO A.2. ALÇADO SNE



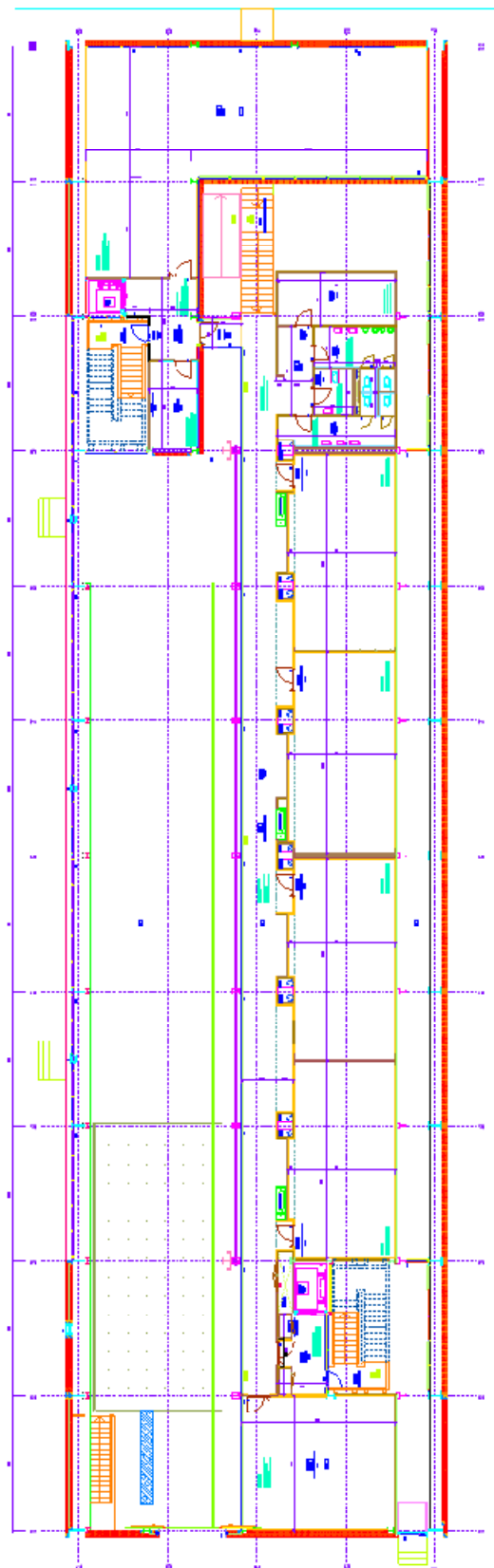
ANEXO A.3. ALÇADO OSE E NNE



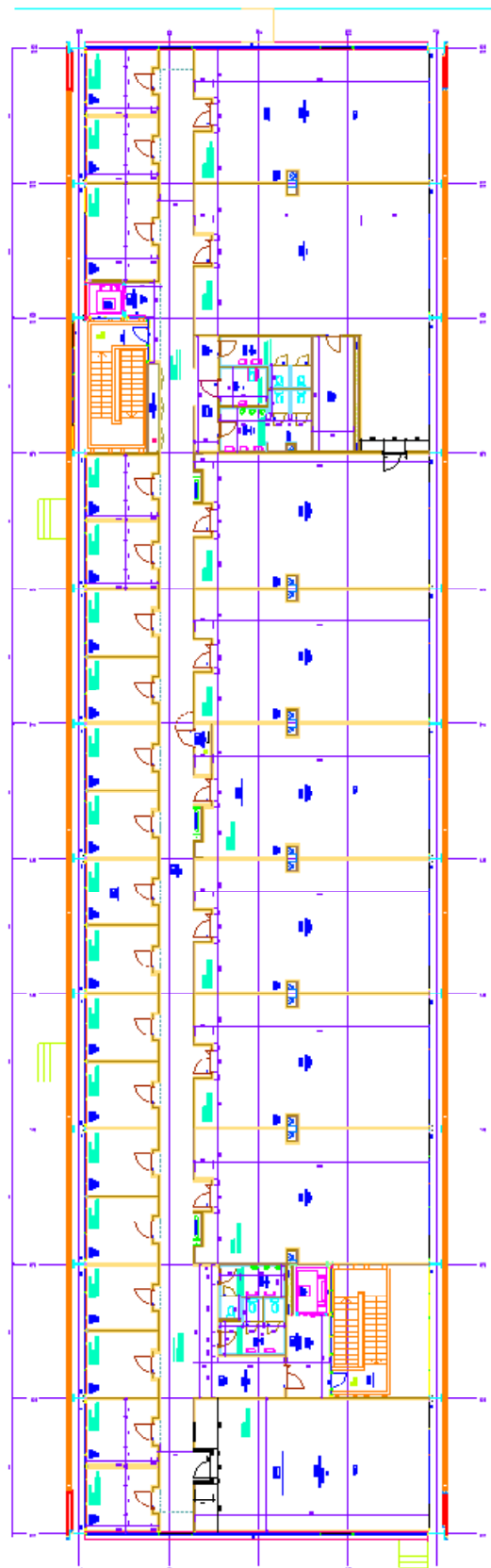
ANEXO A.4. PLANTA RÉS DO CHÃO



ANEXO A.5. PLANTA 1º ANDAR

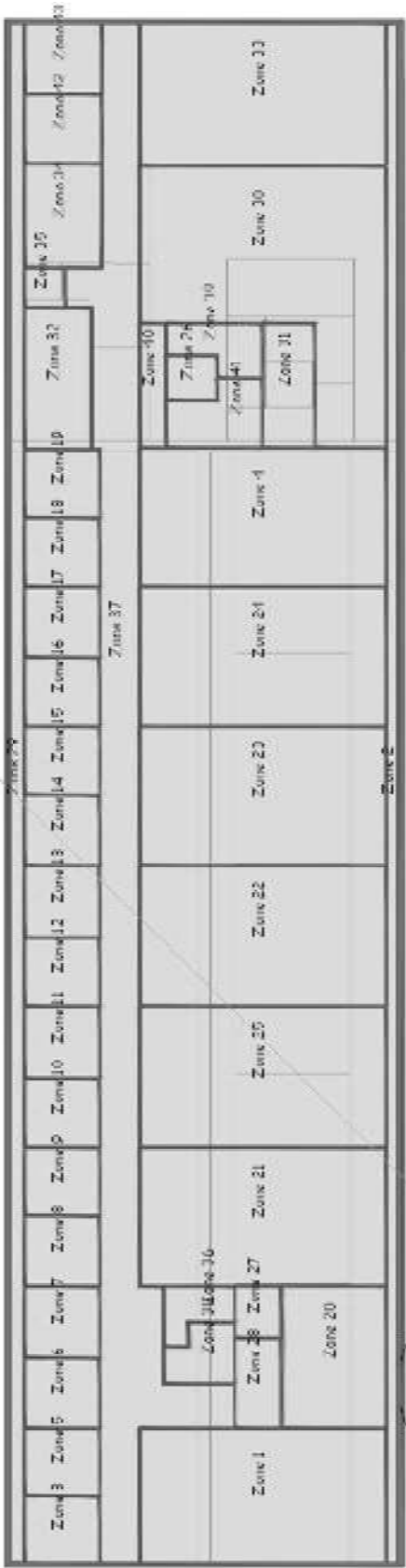


ANEXO A.6. PLANTA 2º ANDAR



Anexo B

ANEXO B.1. ZONAS GERADAS PELO SOFTWARE ENERGYPLUS/DESIGNBUILDER PARA O PISO 2



Anexo C

ANEXO C.1. AVALIAÇÃO FINANCEIRA

Consumos Energéticos do Edifício do Departamento de Engenharia Civil durante os anos de 2008 e 2009														
Ano	Mês												Total	Total/m ²
	Electricidade (kWh)													
	Jan	Fev	Mar	Abr	Mai	Jun	Jul	Ago	Set	Out	Nov	Dez		
2008,00	16091,00	23518,00	16309,00	23747,00	16782,00	14000,00	19740,00	17090,00	22190,00	17270,00	23800,00	16240,00	226777,00	47,73
2009,00	20440,00	12860,00	17100,00	17230,00	15210,00	37811,40	20070,00	18184,00	15230,00	19235,00	21940,00	24575,00	239885,40	50,49
	Consumo médio anual												233331,20	49,11
	Água (m ³)													
2008,00	45,00	71,00	44,00	60,00	60,00	50,00	27,00	13,00	62,00	33,60	78,40	24,00	568,00	0,12
2009,00	81,00	45,00	68,00	44,00	53,00	48,00	27,00	18,00	69,00	39,30	110,20	43,50	646,00	0,14
	Consumo médio anual												607,00	0,13
	Gás (m ³)													
2008,00	2893,00	1912,00	1976,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	3622,00	3622,00	2889,00	16914,00	3,56
2009,00	3063,00	2135,00	727,00	292,00	263,00	0,00	0,00	0,00	0,00	3594,50	3226,50	2938,00	16239,00	3,42
	Consumo médio anual												16576,50	3,49

